

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Brno, 2021

David Hýsek



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY
A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ**

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

**VYHODNOCENÍ STÁVAJÍCÍ INFRASTRUKTURY DS K
POTENCIÁLNÍMU ROZVOJI NABÍJECÍCH STANIC VE
VYBRANÉ OBLASTI**

EVALUATION OF CURRENT DS INFRASTRUCTURE TO POTENTIAL DEVELOPMENT
OF CHARGING STATIONS IN THE SELECTED AREA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

David Hýsek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Martin Paar, Ph.D.

BRNO 2021

Bakalářská práce

bakalářský studijní program **Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika**

Ústav elektroenergetiky

Student: David Hýsek

ID: 212604

Ročník: 3

Akademický rok: 2020/21

NÁZEV TÉMATU:

Vyhodnocení stávající infrastruktury DS k potenciálnímu rozvoji nabíjecích stanic ve vybrané oblasti

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Přehled parametrů EV a nabíjecích stanic
2. Rozvoj nabíjecí infrastruktury v ČR a ve vybraných státech Evropy
3. Návrh variant rozvoje nabíjecí infrastruktury ve vybrané lokalitě města Brna
4. Analýza připojitelnosti vybraných variant do DS ve zvolené lokalitě

DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynů vedoucího bakalářské práce

Termín zadání: 8.2.2021

Termín odevzdání: 1.6.2021

Vedoucí práce: Ing. Martin Paar, Ph.D.

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.
předseda rady studijního programu

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Vysoké učení technické v Brně / Technická 3058/10 / 616 00 / Brno

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá vyhodnocením infrastruktury nabíjecích stanic a rozvoje rychlonabíjecích stanic. V první části práce jsou popsány základní režimy nabíjení a parametry vybraných nabíjecích stanic. V druhé části práce je uveden přehled bateriových elektromobilů a proces pomalého a rychlého nabíjení. Dále se práce dotýká elektromobilové politiky v Evropě, zejména ve třech vybraných státech: Norské království, Spolková republika Německo a Česká republika. V poslední části práce byly sestaveny tři scénáře rozvoje elektromobility ve vybrané lokalitě v Brně a následně bylo ověřeno zatížení těchto scénářů na síť v programu Daisy Bizon projektant.

Klíčová slova

elektromobil, nabíjecí bod, nabíjecí stanice, nabíjecí výkon, nabíjení, rychlé nabíjení, zatížení sítě

Abstract

The bachelor's thesis deals with the evaluation of the infrastructure of charging stations and the development of fast charging stations. The first part describes the basic charging modes and parameters of selected chargers. The second part of the work presents an overview of battery electric cars and slow and fast charging. Furthermore, the work concerns the electric car policy in Europe and especially in three selected countries: The Kingdom of Norway, the Federal Republic of Germany and the Czech Republic. In the last part of the work, three scenarios of electromobility development in the selected location in Brno were compiled and subsequently the load of these scenarios on the network in the Daisy Bizon designer program was verified.

Keywords

electric vehicle, charging point, charging station, charging power, charging, fast charging, network load

Bibliografická citace

HÝSEK, David. *Vyhodnocení stávající infrastruktury DS k potenciálnímu rozvoji nabíjecích stanic ve vybrané oblasti*. Brno, 2021. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/133354>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav elektroenergetiky. Vedoucí práce Martin Paar.

Prohlášení autora o původnosti díla

Jméno a příjmení studenta:	David Hýsek
VUT ID studenta:	212604
Typ práce:	Bakalářská práce
Akademický rok:	2020/21
Téma závěrečné práce:	Vyhodnocení stávající infrastruktury DS k potenciálnímu rozvoji nabíjecích stanic ve vybrané oblasti

Prohlašuji, že svou závěrečnou práci jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucí/ho závěrečné práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené závěrečné práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne: 31.5.2021

podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Martinu Paarovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou, odbornou pomoc a cenné rady a Ing. Tomáši Kolaciovi za odbornou pomoc při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne: 31.5.2021

podpis autora

Obsah

SEZNAM OBRÁZKŮ	10
SEZNAM TABULEK.....	11
ÚVOD	12
1. REŽIMY NABÍJENÍ	13
1.1 STŘÍDAVÉ NABÍJENÍ.....	13
1.1.1 Režim 1.....	13
1.1.2 Režim 2.....	13
1.1.3 Režim 3.....	13
1.2 REŽIM 4 - STEJNOSMĚRNÉ NABÍJENÍ.....	14
2. PŘEHLED NABÍJECÍCH STANIC.....	17
2.1 ABB TERRA AC WALLBOX TAC-W11-G5-R-0.....	17
2.2 ABB TERRA 54 CT	17
2.3 ABB TERRA 184	17
2.4 ABB TERRA HP 350	18
2.5 SIEMENS COMPACT POWER CHARGER 50 kW.....	18
2.6 SIEMENS COMPACT POWER CHARGER 150 kW.....	19
2.7 TESLA WALL CONNECTOR GEN 3.....	19
2.8 TESLA SUPERCHARGER II.....	20
2.9 VOLTDRIIVE SILENTIUM P	20
2.10 VOLTDRIIVE NS 2.....	20
2.11 SOUHRN.....	20
3. PŘEHLED ELEKTROMOBILITY	22
3.1 TĚŽKÁ A PŘEPRAVNÍ DOPRAVA	23
3.1.1 Ford E-Transit	24
3.1.2 Peugeot e-Expert.....	25
3.1.3 Tesla Semi	25
3.1.4 Volvo VNR Electric	25
3.1.5 Těžké pracovní stroje	25
3.2 HROMADNÁ DOPRAVA	26
3.2.1 Elektrobuses ŠKODA 29BB.....	26
3.2.2 Elektrobuses ŠKODA E'City.....	26
3.2.3 Autobus ŠKODA PERUN HP	26
3.2.4 Autobus ŠKODA PERUN HE	27
3.3 AUTONOMNÍ ŘÍZENÍ.....	27
4. NABÍJENÍ ELEKTROMOBILŮ	29
4.1 POMALÉ NABÍJENÍ BEV.....	29
4.2 RYCHLÉ NABÍJENÍ BEV	31
4.3 NEŘÍZENÉ NABÍJENÍ.....	33
4.4 ŘÍZENÉ NABÍJENÍ	33
4.5 NABÍJENÍ V2G	36
4.6 NABÍJENÍ ZA JÍZDY	36

4.7	ANALÝZA ZPŮSOBU NABÍJENÍ UŽIVATELŮ EV	37
4.7.1	Nabíjení uživatelů ve Spojených státech	37
4.7.2	Nabíjení uživatelů v Nizozemí	38
4.7.3	Zhodnocení nabíjení uživatelů EV	40
4.8	ZPŮSOBY REGULACE ŠPIČEK ZATÍŽENÍ NABÍJECÍCH STANIC	41
5.	NABÍJECÍ INFRASTRUKTURA V EVROPĚ	43
5.1	RECHARGE EU	45
5.1.1	Strategie Recharge EU	46
5.2	NABÍJECÍ SÍŤ VOLKSWAGEN GROUP – PROJEKT ARTEMIS	47
5.3	VYSOKORYCHLOSTNÍ NABÍJECÍ SÍŤ IONITY	47
6.	NORSKÉ KRÁLOVSTVÍ	48
6.1	VÝVOJ PODÍLU ELEKTROMOBILŮ NA NORSKÉM TRHU (OD ROKU 2014-2020)	48
6.2	NABÍJECÍ STANICE V NORSKÉM KRÁLOVSTVÍ	48
6.3	SPECIFIKACE NABÍJENÍ V NORSKU	49
6.3.1	Ovlivnění nabíjení teplotou	50
6.4	ZHODNOCENÍ NORSKÉ ELEKTROMOBILITY	50
7.	SPOLKOVÁ REPUBLIKA NĚMECKO	51
8.	ČESKÁ REPUBLIKA	52
8.1	STRATEGIE VÝVOJE SÍŤE NABÍJECÍCH STANIC V ČESKÉ REPUBLICE	55
8.1.1	Podpora elektromobility	55
8.1.2	Běžné dobíjecí stanice	56
8.1.3	Rychlodobíjecí stanice	56
8.1.4	Legislativa nabíjecích stanic v ČR	56
8.2	PROVOZOVATELÉ NABÍJECÍCH STANIC V ČESKÉ REPUBLICE	57
8.2.1	Pražská energetika	57
8.2.2	ČEZ	58
8.2.3	E.ON energie	59
8.3	POROVNÁNÍ S OSTATNÍMI STÁTY	59
9.	SOUČASNÝ STAV LOKALITY	60
9.1	SOUČASNÝ STAV NABÍJECÍCH STANIC VE VYBRANÉ LOKALITĚ	62
10.	SCÉNÁŘE ROZVOJE NABÍJECÍCH STANIC	63
10.1	SCÉNÁŘ ROZVOJE NS PODLE NAP CM 2019	63
10.1.1	Instalace 30 AC nabíjecích stanic Terra AC wallbox 11 kW a 2 DC nabíjecí stanice ABB Terra 54 u bytové jednotky	66
10.1.2	Instalace 18 ks rychlých DC nabíjecích stanic Terra 184 a 5 DC nabíjecí stanice ABB Terra 54 v průmyslových objektech	66
10.1.3	Instalace 2 rychlých DC nabíjecích stanic Terra 184 a 2 ultrarychlých nabíjecích stanic Terra HP 350 s dvěma nabíjecími stojany na čerpací stanici	66
10.1.4	Závěr scénáře podle NAP CM 2019	67
10.2	SCÉNÁŘ ZALOŽENÝ NA DOTAZNÍKOVÉM ŠETŘENÍ PROBLEMATIKY ELEKTROMOBILITY	68
10.2.1	Vyhodnocení dotazníků zaslaných na dovozce elektromobilů	68
10.2.2	Vyhodnocení dotazníků zaslaných na firmy mimo vybranou oblast	68
10.2.3	Vyhodnocení dotazníků zaslaných na firmy ve vybrané oblasti	69
10.2.4	Sestavení scénáře na základě dotazníkového šetření	69

10.3	SCÉNÁŘ ZALOŽENÝ NA METAANALÝZE BAKALÁŘSKÝCH A DIPLOMOVÝCH PRACÍ.....	70
10.3.1	<i>Závěr scénáře založeného na metaanalýze bakalářských a diplomových prací.....</i>	<i>71</i>
11.	VYHODNOCENÍ PŘIPOJENÍ SESTAVENÝCH SCÉNÁŘŮ DO DISTRIBUČNÍ SÍTĚ	74
11.1	PŘIPOJITELNOST PRVNÍHO SCÉNÁŘE DO DISTRIBUČNÍ SÍTĚ	74
11.2	PŘIPOJITELNOST DRUHÉHO SCÉNÁŘE DO DISTRIBUČNÍ SÍTĚ	77
11.3	PŘIPOJITELNOST TŘETÍHO SCÉNÁŘE DO DISTRIBUČNÍ SÍTĚ	79
11.4	SROVNÁNÍ PŘIPOJITELNOSTI JEDNOTLIVÝCH SCÉNÁŘŮ.....	82
12.	ZÁVĚR.....	85
	LITERATURA.....	88
	SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	98
	SEZNAM PŘÍLOH.....	99

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1.1 Konektor Mennekes Type-2 [39]	14
Obrázek 1.2 Rozložení pinů v Mennekes Type-2 konektoru [87]	14
Obrázek 1.3 CHAdeMO konektor [36].....	15
Obrázek 1.4 Rozložení pinů v CCS konektoru (CP-komunikační, PP-ochranný, PE-zemnicí) [11]	16
Obrázek 1.5 Zásuvky EV pro konektory CHAdeMO (vlevo), Mennekes Type-2 (vpravo) [57]	16
Obrázek 2.1 Průběh nabíjecího výkonu Terra HP 350 [24]	18
Obrázek 3.1 Elektrický nabíjecí ostrov v Portlandu [72].....	24
Obrázek 4.1 Nabíjecí charakteristika Volkswagen ID.3 Pro S při nabíjení 50 kW a 150+ kW [56]	31
Obrázek 4.2 Poptávka energie obce a EV při neřízeném nabíjení [93]	34
Obrázek 4.3 Celková poptávka obce při neřízeném nabíjení [93]	34
Obrázek 4.4 Poptávka energie obce a EV při řízeném nabíjení [93]	35
Obrázek 4.5 Celková poptávka obce při řízeném nabíjení [93]	35
Obrázek 4.6 Preference nabíjení uživatelů podle typu nabíjení [64]	37
Obrázek 4.7 Stav baterie při spuštění nabíjecí relace [2]	39
Obrázek 4.8 Rozložení nabíjecích časů při AC nabíjení [2]	39
Obrázek 4.9 Rozložení nabíjecích časů při DC nabíjení [2]	40
Obrázek 4.10 Procentuální zastoupení nejčastějších nabíjecích lokací [2].....	40
Obrázek 5.1 Procentuální podíl nově registrovaných BEV a plug-in hybridů ve vybraných státech [28]..	44
Obrázek 5.2 Veřejně přístupné rychlonabíjecí stanice v roce 2019 [28]	44
Obrázek 5.3 Vývoj veřejných nabíjecích bodů ve vybraných státech EU [76].....	46
Obrázek 8.1 Zastoupení nabíjecích bodů v ČR dle typu nabíjení na konci roku 2020 [69].....	52
Obrázek 8.2 Rozložení maximálních nabíjecích výkonů na nabíjecích stanicích instalovaných v ČR ke konci roku 2020 [69]	53
Obrázek 8.3 Procentuální zastoupení různých nabíjecích výkonů nabíjecích stanic v roce 2025 [1].....	54
Obrázek 8.4 Procentuální zastoupení různých nabíjecích výkonů nabíjecích stanic v roce 2030 [1].....	54
Obrázek 8.5 Hypercharger na nabíjecí stanici PREpoint [80]	58
Obrázek 9.1 Mapa ulice Řípská v Brně [50].....	60
Obrázek 9.2 Rozložení zón transformátorů ve vybrané lokalitě	61
Obrázek 10.1 Očekávaná spotřeba nabíjecích bodů dle vysokého scénáře rozvoje elektromobility [69]..	63
Obrázek 10.2 Očekávaná spotřeba nabíjecích bodů dle středního scénáře rozvoje elektromobility [69] ...	64
Obrázek 10.3 Histogram denní potřeby energie na nabíjení [69]	64
Obrázek 10.4 Histogram denní najeté vzdálenosti osobních automobilů a lehkých užitkových vozidel (LUV)[69]	65
Obrázek 10.5 Lokalizace instalace 1, 2 a 3	67
Obrázek 11.1 Rozložení transformátorů uvažovaných v prvním scénáři do definovaných oblastí	75
Obrázek 11.2 Rozložení transformátorů uvažovaných v druhém scénáři do definovaných oblastí.....	78
Obrázek 11.3 Rozložení transformátorů uvažovaných ve třetím scénáři do definovaných oblastí.....	81
Obrázek 11.4 Přehled původních a nově instalovaných výkonů transformátorů pro jednotlivé scénáře	83

SEZNAM TABULEK

2.1	Přehled technických parametrů vybraných nabíjecích stanic	21
2.2	Přehled technických parametrů vybraných nabíjecích stanic pro první scénář rozvoje	21
3.1	Přehled vybraných osobních EV, jejich kapacity, výkonu a dojezdu [25]	22
3.2	Přehled vybraných lehkých dodávek, jejich kapacity, výkonu a dojezdu [25]	23
4.1	Přehled doby nabíjení vybraných osobních BEV [25]	29
4.2	Nárůst dojezdu vybraných modelů BEV Tesla při určitých výkonech [25]	30
4.3	Přehled doby nabíjení vybraných lehkých dodávek [25]	30
4.4	Rychlé DC nabíjení vybraných osobních BEV [25]	32
4.5	DC nabíjení u vybraných osobních BEV od společnosti Tesla [25]	32
4.6	Rychlé DC nabíjení vybraných lehkých dodávek [25]	33
8.1	Náklady na provoz benzínového auta a elektromobilu [12]	55
10.1	Přehled počtu nabíjecích stanic o vybraných výkonech podle NAP CM 2019	65
10.2	Přehled vybraných parametrů rozvoje elektromobility z jednotlivých prací	72
10.3	Vyhodnocení informací získaných z prací pro třetí scénář	73
10.4	Rozložení nabíjecích stanic podle výkonu pro třetí scénář	73
10.5	Konkrétní počty nabíjecích stanic podle výkonu uvažovaných ve třetím scénáři	73
11.1	Počty nově instalovaných nabíjecích stanic na konkrétních transformátorech (první scénář)	74
11.2	Rozložení nově instalovaných nabíjecích stanic v určitých oblastech v prvním scénáři	75
11.3	Přehled zatížení jednotlivých transformátorů (první scénář)	76
11.4	Počty nově instalovaných nabíjecích stanic na konkrétních transformátorech (druhý scénář)	77
11.5	Rozložení nově instalovaných nabíjecích stanic do oblastí ve druhém scénáři	78
11.6	Přehled zatížení jednotlivých transformátorů (druhý scénář)	79
11.7	Rozložení nově instalovaných nabíjecích stanic do oblastí ve scénáři 3	79
11.8	Počty nově instalovaných nabíjecích stanic na konkrétních transformátorech (třetí scénář)	80
11.9	Přehled zatížení jednotlivých transformátorů (třetí scénář)	82
11.10	Porovnání počtu nově instalovaných nabíjecích stanic jednotlivých scénářů	83
11.11	Porovnání navýšených instalovaných výkonů všech uvažovaných transformátorů	84

ÚVOD

„Když Henry Ford vyrobil levné, spolehlivé vozy, lidé říkali: „Ale co je špatného na koních?“ To byla obrovská sázka, kterou udělal, a fungovalo to.“

Elon Musk

Tento citát lze v současné době aplikovat také na otázku elektromobility. Aby mohlo dojít k růstu prodeje elektromobilů a zvýšení jejich atraktivity u spotřebitelů, je potřebná dobře rozvinutá nabíjecí síť, která je dostupná jak současným uživatelům, tak i těm potenciálním.

Dále je nutno zvyšovat výkon nabíjecích stanic, kvůli zkrácení nabíjecí doby elektromobilů. To je ovšem omezeno infrastrukturou současné sítě, která nemusí být dimenzovaná na vyšší odběr. Proto je potřeba u plánování nových rychlonabíjecích stanic vyhodnotit, zda je současná síť schopna dodávat dostatečné množství energie. A to konkrétně energie z obnovitelných zdrojů, protože pokud elektromobil nabíjíte energii ze spalovací elektrárny, tak má „svůj výfuk“ právě tam. Proto jde přechod na energii z obnovitelných zdrojů ruku v ruce s přechodem na automobily s bezemisním pohonem.

Z tohoto důvodu je bakalářská práce stavěna tak, aby seznámila čtenáře s problematikou nabíjení elektromobilů. V práci bude uveden přehled režimů nabíjení, přehled vybraných elektromobilů a nabíjecích stanic určených k rychlému i pomalému nabíjení.

Při nabíjení velkého počtu elektromobilů může dojít k přetížení sítě, proto budou v práci uvedeny možnosti snížení zatížení sítě při nabíjení (řízené nabíjení, ukládání do bateriových systémů, solární nabíjecí stanice, nižší sazby za nabíjení) a dále výstupy z analýz způsobu nabíjení uživatelů elektromobilů.

Dále je provedeno porovnání elektromobilové politiky v Evropě, zejména projektů čisté mobility a plánů na rozvoj mobility v následujícím období do roku 2050.

Z poznatků získaných v teoretické části práce byly sestaveny tři scénáře rozvoje rychlonabíjecích stanic ve vybrané lokalitě v Brně. Tyto scénáře byly následně ověřeny v simulaci sítě sestavené v programu Daisy Bizon projektant. Simulace scénářů budou kontrolovány na základě následujících parametrů: zatížení vývodu za napájecím transformátorem, kdy smí být vodič zatížen nejvýše 60 % maximální hodnoty zatížení, napěťové poměry odběrů, kdy musí simulace odpovídat Pravidlům provozování distribučních soustav a celkové zatížení transformátorů, kdy smí být transformátor zatížen maximálně 66 % svého instalovaného výkonu.

1. REŽIMY NABÍJENÍ

Dle normy IEC 61851 jsou stanoveny čtyři režimy nabíjení. Režimy 1, 2 a 3 jsou určeny pro střídavé AC nabíjení, kdy režim 3 se dále dělí na varianty A, B, C a režim 4 je určen pro rychlé DC nabíjení. [78]

1.1 Střídavé nabíjení

Jelikož baterie elektromobilů jsou nabíjeny stejnosměrně, je potřebné odebíranou energii usměrnit. U režimů pro AC nabíjení dochází k usměrnění energie až v elektromobilu, který disponuje AC/DC převodníkem. Elektromobil tedy odebírá střídavý proud a na převodníku dojde k usměrnění proudu, který následně nabíjí baterii.

1.1.1 Režim 1

Elektromobil je nabíjen přes kabel ze standardní zásuvky, která je například v domácnostech. Nabíjecí proud zde dosahuje maximální hodnoty 16 A. Povolené hodnoty napětí jsou 480 V pro třífázovou síť a 250 V pro jednofázovou síť. Nedochází k žádné komunikaci mezi elektromobilem a nabíjecí jednotkou. Je tedy nutné, aby na strana s nabíjecí jednotkou obsahovala proudový chránič. Jedná se o rizikový způsob nabíjení, který je například ve Spojených státech zcela zakázán. [78]

1.1.2 Režim 2

Tento režim je podobný jako nabíjení režimem 1, ale nabíjecí kabel je vybaven In-Cable-Control-and-Protective-Device, což je bezpečnostní prvek chránící před poruchovým proudem a je tedy povoleno nabíjet proudem až 32 A neboli výkonem do 22 kW. [78]

1.1.3 Režim 3

Jedná se o režim nabíjení, při kterém je elektromobil nabíjen z wallboxu nebo AC nabíjecí stanice, jenž již obsahují bezpečnostní prvky proti poruchovým proudům. Nabíjecí jednotka komunikuje s vozidlem a je schopna dodávat elektromobilu výkony až do 50 kW (63 A v třífázové soustavě) a záleží pouze na palubním nabíjecím systému elektromobilu, kolik výkonu si odebere.

Podle způsobu připojení k nabíjecí jednotce je režim 3 dělen na tři možnosti:

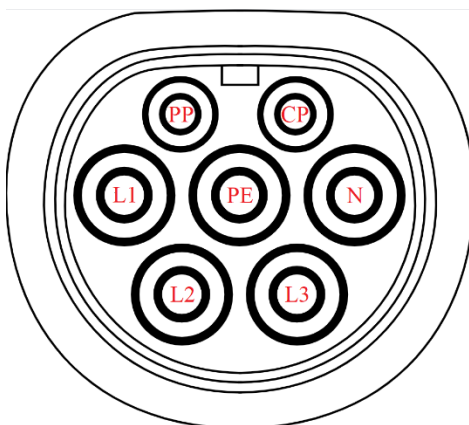
- Možnost A: Jedná se o případ, kdy je elektromobil na jedné straně pevně spojen s kabelem a připojuje se tímto kabelem k nabíjecí jednotce.
- Možnost B: Pro nabíjení je zapotřebí použít přenosný kabel, který na jednom konci zakončen nabíjecím konektorem kompatibilním s nabíjecí jednotkou a na druhém konci vybaven konektorem připojitelným do zásuvky elektromobilu.

- Možnost C: Jedná se o opak režimu A, kdy je nabíjecí kabel je pevně spojen s nabíjecí jednotkou na jednom konci a druhé zakončení kabelu je vybaveno konektorem do zásuvky elektromobilu.

Střídavé nabíjení z nabíjecích jednotek je nejčastěji prováděno přes nabíjecí standard Menneskes Type-2 (viz. Obrázek 1.1). Jedná se o konektor, který je podporován ze strany Evropské unie, jelikož jej lze kombinovat s konektorem CCS a tím snížit počet zásuvek potřebných v elektromobilu na jednu. Rozložení fázových, ochranného a nulového vodiče je znázorněno na obrázku níže (Obrázek 1.2). [78]



Obrázek 1.1 Konektor Mennekes Type-2 [39]



Obrázek 1.2 Rozložení pinů v Mennekes Type-2 konektoru [87]

1.2 Režim 4 - Stejnoseměrné nabíjení

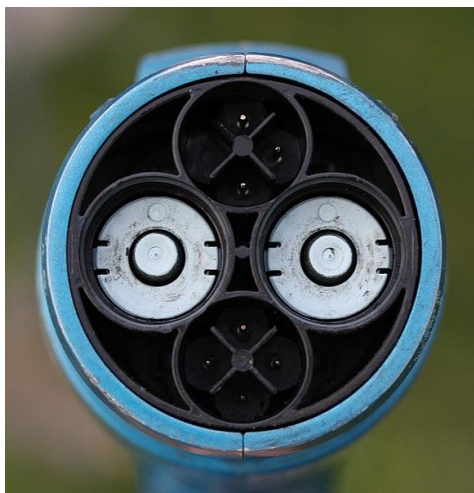
Jedná se o režim, kterým je uskutečňováno rychlé DC nabíjení s vyššími nabíjecími výkony, tudíž jsou uplatněny i vyšší bezpečnostní požadavky. Je tedy výhradně používán kabel pevně spojený s nabíjecí DC stanicí. [78]

Při stejnosměrném DC nabíjení je proud usměrněn již v nabíjecí stanici a přes nabíjecí kabel se již do elektromobilu dostává stejnosměrný proud.

Proud je v DC nabíjecích stanicích usměrňován pomocí modulů AC/DC převodníku. Například u nabíjecí stanice společnosti ABB Terra 54 je použito 5 takových modulů, z nichž každý je schopen usměrňovat 10 kW. Protože usměrňovače pracují s optimální účinností právě při využití plného výkonu, ale výkon odebíraný elektromobilem není konstantní (50 kW je špičková hodnota) a okamžitá hodnota nabíjecího výkonu tedy může klesnout i pod 40 kW¹, dojde k odpojení jednoho modulu tak, aby byl využit maximální výkon zbylých usměrňovačů.

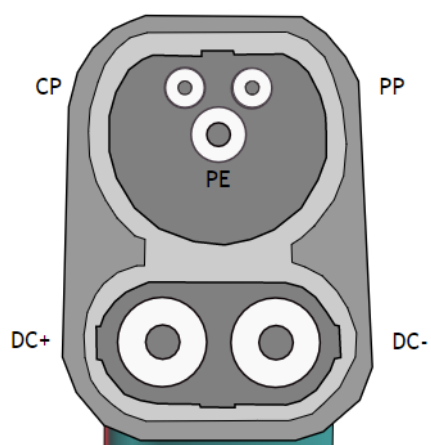
Jelikož při stejnosměrném nabíjení proudí nabíjecími kabely vyšší výkony jsou jejich průměry i konektory větší a při běžných podmínkách jsou schopny snášet výkony do 250 kW. Pro větší nabíjecí proudy jsou používány kabely chlazené vzduchem, nebo kapalinou, které lze použít až do 500 A.

Stejnosemné nabíjení je v současné době prováděno přes dva nabíjecí standardy CHAdeMO [Šademo] (Obrázek 1.3) podporovaným v Asii a Americe a CCS (Obrázek 1.4) podporovaným v Evropské unii, která jeví snahu po standardizaci konektorů. Hlavním rozdílem mezi těmito dvěma standardy je rozdíl v komunikaci s vozidlem. CHAdeMO komunikuje pomocí pinů, kterými mezi sebou komunikují i jednotky ve vozidle a CCS využívá PLC komunikaci. Nevýhodou vybavení elektromobilu zásuvkou pro CHAdeMO je, že musí být také vybaven zásuvkou Mennekes Type-2 (Obrázek 1.5). [102]



Obrázek 1.3 CHAdeMO konektor [36]

¹ Viz. nabíjecí charakteristika obrázek 4.5



Obrázek 1.4 Rozložení pinů v CCS konektoru (CP-komunikační, PP-ochranný, PE-zemní) [11]



Obrázek 1.5 Zásuvky EV pro konektory CHAdeMO (vlevo),
Mennekes Type-2 (vpravo) [57]

2. PŘEHLED NABÍJECÍCH STANIC

V České republice umožňuje většina domácností nabíjení na 11 kW (3x16 A), přírůstek dojezdu mezi 46–65 km/h. Rychlost nabíjení je ovlivněna třemi parametry, z nichž vždy ten nejslabší článek udává, jak rychle bude EV nabito. Zmíněné parametry jsou výkon dodávaný sítí, maximální výstupní výkon nabíjecí stanice a palubní příkon EV, který má omezenou energii dodávanou do baterie na jednotku času.

Následující podkapitoly jsou zaměřené na porovnání vybraných nabíjecích stanic.

2.1 ABB Terra AC wallbox TAC-W11-G5-R-0

Jedná se o nabíjecí AC stanici se zásuvkou Mennekes Type-2, která disponuje maximálním jmenovitým výkonem 11 kW. Nabíjecí stanice je záměrně vybrána tak, aby disponovala menším výkonem, jelikož většina palubních nabíjecích systémů elektromobilů není schopna vyšší výkon dlouhodobě využít. Za předpokladu, že řidič denně nespotřebuje celou kapacitu baterie, je nabíjecí výkon 11 kW dostatečný k opětovnému nabití elektromobilu během nočního nabíjení. Výstupní napětí je v rozmezí 380–415 V AC. Tento model je vybaven nadproudovou ochranou a ochranou proti podpětí i přepětí. Může být vybaven kabelem typu 1 nebo 2, jejichž délka je 5 nebo 8 metrů. Rozměry Terra wallboxu jsou 195 mm na šířku, 110 mm do hloubky a 320 mm na výšku. Wallbox musí být instalován v prostoru minimálně 458 mm nad zemí ve vnitřních prostorech a 635 mm nad zemí ve venkovních prostorech. Nad horní stranou wallboxu musí být prostor minimálně 200 mm. Provozní teplota je -35 až 50 °C. Maximální úroveň hluku se pohybuje pod hranicí 70 dBA. [94]

2.2 ABB Terra 54 CT

Nabíjecí DC stanice Terra 54 CT je vybavena jedním CCS2 konektorem a zásuvkou na AC nabíjení. Tato konfigurace byla vybrána na základě trendu standardizace nabíjecích konektorů, podporovaných ze strany Evropské unie. Konektor CCS2 disponuje maximálním nabíjecím výkonem 50 kW a AC konektor Mennekes Type-2 22 kW. [27]

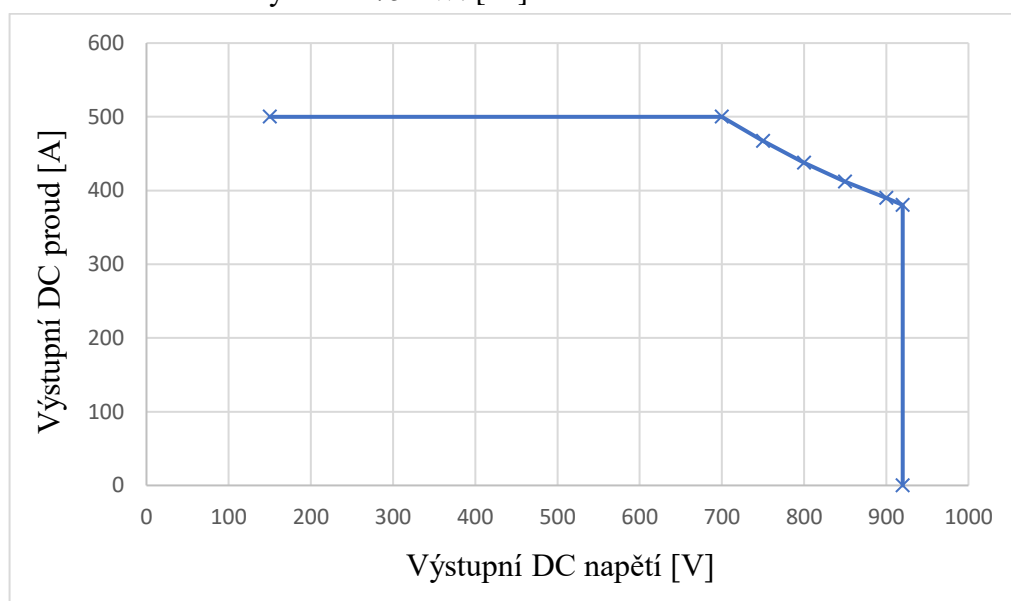
2.3 ABB Terra 184

Nabíjecí stanice Terra 184 disponuje rychlým DC nabíjením o maximálním výkonu 180 kW a AC nabíjením typu 2 o maximálním výkonu 22 kW. Při stejnosměrném nabíjení dvou aut ve stejné chvíli, je odebíráný výkon 2x90 kW. Napětí na výstupu se pohybuje v rozmezí 150–920 V DC. Vstupní napětí musí být 400 V AC +/- 10 % s frekvencí 50 nebo 60 Hz. Terra 184 může být instalována s nabíjecím standardem CCS i CHAdeMO. Dokáže nabíjet tři EV zároveň. Kabele jsou dostupné v délkách 3,9 m;

6 m; 8 m. Rychlonabíjecí stanice Terra 184 je vybavena nadproudovou, přepět'ovou i podpět'ovou ochranou. Účinnost se při maximálním výkonu pohybuje nad 96 %. Rozměry Terra 184 jsou 565 mm na šířku, 880 mm na délku a 1 900 mm na výšku. Provozní teplota je v rozsahu od -35 do 50 °C. Hmotnost této rychlonabíjecí stanice je 395 kg. [27]

2.4 ABB Terra HP 350

Jedná se o ultra rychlou nabíjecí DC stanici, vybavenou maximálním výkonem 350 kW (viz. Obrázek 2.1) a stálým výkonem 320 kW. Výstupní proud je rozdílný, podle použitého konektoru, kdy CHAdeMO disponuje maximálně 200 A DC a CCS-1 až 500 A DC. Stanice je rozdělena na dvě části. Konkrétně na nabíjecí stojan a dvě silové části (power cabinet). Nabíjecí stojan slouží pouze k chlazení a samotné předávce energie s elektromobilem. V silové části dochází k usměrnění proudu, který se do stojanu dostává již usměrněný. Silová část obsahuje i transformátory kvůli galvanickému oddělení. Při instalaci dvou výdejních stojanů a dvou silových částí lze provozovat tento nabíjecí bod jako rychlonabíjecí DC stanici o maximálním výkonu 350 kW (při připojení jednoho elektromobilu). Pokud budou připojeny elektromobily na obou stojanech, tak se silové části rozpoj'í a každá zásobuje jeden stojan a ve výsledku představují dvě nabíjecí stanice, každou o maximálním výkonu 175 kW. [24]



Obrázek 2.1 Průběh nabíjecího výkonu Terra HP 350 [24]

2.5 Siemens Compact Power Charger 50 kW

Compact Power Charger (CPC 50) 50 kW je stejnosměrná (DC) nabíjecí stanice s nabíjecími standardy CCS a CHAdeMO. Rozsah výstupního stejnosměrného napětí

je 200–920 V. Hodnota stejnosměrného proudu se pohybuje v rozsahu 5–200 A. Nabíjecí kabely na DC nabíjení jsou dostupné v délkách 3,2 m; 4,2 m a 5,2 m.

CPC 50 disponuje i možností střídavého (AC) nabíjení od 22 do 43 kW, a to standardem TYPE 2. Výstupní napětí AC nabíjení je 400 V ± 10 %. Jmenovitý výstupní proud se pohybuje od 3x32 A (pro hodnotu 22 kW) do 3x63 A (pro hodnotu 63 kW). Frekvenční rozsah se pohybuje mezi 47–63 Hz. A účinnost nabíjení je větší než 94 %. Z CPC 50 mohou být tedy nabíjeny dva EV zároveň, jedno DC nabíjením a druhé AC nabíjením.

Rozměry schránky jsou 822 mm na šířku 618 mm na délku a 1 930 mm na výšku. Celková délka i s konektory uloženými ve schránce je 800 mm. CPC 50 nesmí být instalován u zdi, minimální vzdálenost zadní strany schránky od zdi musí být 100 mm, vzdálenost od bočnic 600 mm a vzdálenost od čelní strany musí být minimálně 600 mm od nejvystouplejšího článku (DC nabíjení CHAdeMO). Pracovní teplota je od -30 do 50 °C. Hmotnost CPC 50 je 650 kg. Hladina hluku vytvořeného při plném provozu se pohybuje pod 55 dBA. [14]

2.6 Siemens Compact Power Charger 150 kW

CPC 150, jehož maximální nabíjecí výkon je 150 kW^2 , pracuje s napětím do 920 V. U nabíjecích stanic CPC 150 je možno nabíjet stejnosměrně dvě EV zároveň. Rovnoměrné sdílení dostupné energie řídí vnitřní řídicí systém, jedná se o paralelní nabíjení 2x75 kW DC. CPC 150 může být disponovat dvěma CSS připojeními, dvěma CHAdeMO připojeními, nebo jedním CSS a jedním CHAdeMO připojením. Rozsah výstupního stejnosměrného napětí je 200–920 V. Hodnota stejnosměrného proudu se pohybuje od 200 do 400 A. Délka dostupných kabelů je stejná jako u CPC 50. Je ale možné instalovat CCS kabel chlazený tekutinou, který lze využít až do 400 A. Ten má vždy zásuvku na AC nabíjení 22 kW. Rozměry schránky jsou 822 mm na šířku, 1168 mm na délku a 2 125 mm na výšku. CPC 150 nesmí být instalován u zdi, minimální vzdálenost zadní strany od zdi musí být 500 mm, vzdálenost od bočnic 600 mm. Pracovní teplota je od -30 °C do 50 °C. Hmotnost CPC 150 je 1 200 kg. Hladina hluku vytvořeného při plném provozu se pohybuje pod hodnotou 65 dBA. [13]

2.7 Tesla wall connector Gen 3

Tesla wall connector má rozsah jmenovitého napětí mezi 200–240 V AC jednofázově s frekvencí 50/60 Hz. Rozsah výstupního proudu nabývá hodnot od 12 do 48 A. Při výstupním proudu 48 A vytvoří výkon až 11,5 kW. Délka nabíjecích kabelů je 2,6 nebo 5,5 m, šířka konektoru 155 mm, délka 110 mm a výška 345 mm. Hmotnost

² Takový výkon dokáže nabít vzdálenost dojezdu 100 km za méně než 10 minut.

má 4,5 kg. Pracovní teplota wall connectoru se pohybuje v rozmezí -30 až 50 °C. Tesla wall connector je kompatibilní s Tesla modely S, X, Y a 3. [31]

2.8 Tesla Supercharger II

Supercharger II (SC-135) má maximální výkon 135 kW. Hodnota vstupního proudu je pro SC-135 192 A a vstupní napětí se pohybuje v rozmezí 380-480 V, s frekvencí 50/60 Hz. Hodnota výstupního napětí je v rozmezí 50-410 V DC a hodnota výstupního proudu je 330 A při nepřetržitém provozu napájení 480 V. V Evropě jsou všechny stanice SC-135 vybaveny dvěma stejnosměrnými nabíjecími kabely, kdy jeden je nabíjecí standard Mennekes Typ 2 a druhý CCS Combo 2. Pracovní teplota je v rozmezí -30 až 50 °C. Hmotnost SC-135 je 600 kg. Hodnota jmenovitého zkratového proudu je 65 kA.[88]

2.9 Voltdrive SILENTIUM P

Společnost Voltdrive nabízí nabíjecí boxy a nabíjecí stanice s dvěma přípojnými body do 22 kW. Nabízí možnost odložení nabíjení na dobu levnější sazby energie i funkci ENERGY SYSTEM VoltGuard, tedy možnost řízení nabíjení podle spotřeby objektu. SILENTIUM P je nabíjecí stanice o maximálním nabíjecím výkonu 2x 22 kW a hmotnosti 17 kg. Využívá třífázové nabíjecí 2x 400 V AC/32 A TYP 1 a TYP 2. Pracovní teplota SILENTIUM P se pohybuje mezi -30 až 50 °C. [98]

2.10 Voltdrive NS 2

Další nabíjecí stanicí s maximálním nabíjecím výkonem 2x 22 kW je NS 2 Smart. Disponuje třífázovým nabíjením 2x 400 V AC/32 A TYP 2. Hmotnost NS 2 je 62 kg a pracovní teplota se pohybuje mezi -25 až 40 °C. Hlavní výhodou je velká odolnost proti vandalismu a povětrnostním podmínkám. [98]

2.11 Souhrn

V následujících tabulkách (2.1, 2.2,) byly výše uvedené nabíjecí stanice porovnány na základě vybraných parametrů.

Tabulka 2.1 Přehled technických parametrů vybraných nabíjecích stanic

Název nabíjecí stanice	Maximální výstupní výkon (kW)	Podporované standardy nabíjení	Vstupní napětí (V)	Výstupní napětí (V)	Výstupní proud (A)	Účinnost (-)	Hmotnost (kg)
Supercharger II	135	Mennekes Typ 2, CCS Combo 2	380-480	50-410	330	0,92	600
CPC 50	50	CCS, CHAdeMO	360-440	200-920	5-200	0,94	650
CPC 150	150	CCS, CHAdeMO	360-440	200-920	200-400	0,94	1 200
Terra 184	180	CCS, CHAdeMO	360-440	150-920	200	0,96	395

Tabulka 2.2 Přehled technických parametrů vybraných nabíjecích stanic pro první scénář rozvoje

Název nabíjecí stanice	Typ nabíjení	Jmenovitý výkon ³ (kW)	Výstupní napětí (V)	Výstupní proud (A)	Příkon stanice (kVA)	Vstupní napětí (V)	Vstupní proud (A)
Terra AC wallbox	AC	11	230	16	11	230	16
Terra 54 CT	DC	50	200-500	125	77	400	112
Terra 184 CC	DC	180	150-920	200	192	400	280
Terra HP 350	DC	350	150-920	200 (CHAdeMO) 500 (CCS-1)	384	600	370

³ Jedné se o maximálně dosažitelnou hodnotu. Reálně bude nabíjecí výkon nižší, jelikož je řízen palubním nabíjecím systémem elektromobilu.

3. PŘEHLED ELEKTROMOBILITY

Na konci roku 2020 se v České republice nacházelo 12 807 bateriových vozidel. Z nichž 5 091 spadalo do kategorie L⁴ motorových vozidel, 7 216 do kategorie M⁵, 461 do kategorie L a 39 do kategorie ostatní. V kategorii M1⁶ bylo nejvíce registrovaných elektromobilů značky Škoda (1 654 = 23 %), Volkswagen (16 %), Tesla (14 %), Nissan (10 %), BMW (8 %), Hyundai (6 %), Fiat (5 %), Renault (3 %), Peugeot (3 %), AUDI (2 %) a KIA (2 %). Při náhledu na rozložení BEV v jednotlivých krajích vyplývá, že v Jihomoravském kraji bylo registrováno 637 BEV v kategorii M1, jednalo se o 0,1% zastoupení na trhu s osobními automobily v tomto kraji. Pro srovnání nejvíce registrovaných BEV bylo v Praze 2 742. V kategorii N⁷ bylo nejvíce elektromobilů značky ALKÉ (125 = 27 %), Nissan (21 %), Goupil (11 %), Renault (9 %), Peugeot (7 %), Citroën (7 %). [3]

V tabulce 3.1 je zpracováno porovnání vybraných osobních elektromobilů na základě parametrů: výkon, kapacita a dojezd. Podle stejných parametrů jsou následně v tabulce 3.2 porovnány lehké užitkové elektromobily.

Tabulka 3.1 Přehled vybraných osobních EV, jejich kapacity, výkonu a dojezdu [25]

Název BEV	Kapacita (kWh)	Výkon (kW)	Dojezd (km)
Tesla Cybertruck Tri Motor	200	600	750
Tesla Model S Long Range Plus	95	398	540
Tesla Model X Long Range Plus	95	398	470
Tesla Model S	95	580	525
Ford Mustang Mach-E ER RWD	88	216	440
Porsche Taycan 4S Plus	84	420	435
BMW i4	80	390	450
Volkswagen ID.3 Pro S	77	150	450
Tesla Model 3 Long Range Dual Motor	70	324	460
Hyundai Kona Electric 64 kWh	64	150	400
Lightyear One	60	100	575

⁴ Jedná se o motorové vozidla jako mopedy, motocykly, motorové tříkolky.

⁵ Vozidla, které mají nejméně čtyři kola.

⁶ Vozidla, která mají nejvýše osm míst k přepravě osob (bez řidiče) a víceúčelová vozidla.

⁷ Jedná se o nákladní vozidla mající nejméně čtyři kola.

Tabulka 3.2 Přehled vybraných lehkých dodávek, jejich kapacity, výkonu a dojezdu [25]

Název	Kapacita (kWh)	Výkon (kW)	Dojezd (km)
Mercedes EQV 300 Long	90	150	330
Opel Zafira-e Life L 75 kWh	68	100	270
Citroen e-SpaceTourer M 75 kWh	68	100	270
Peugeot e-Traveler Long 50 kWh	45	100	185

3.1 Těžká a přepravní doprava

Nákladní doprava představuje v boji s uhlíkovou stopou výrazný problém, protože vyprodukuje emise v hodnotě až 3 Gt CO₂ ročně. Ačkoliv je jejich poměr mezi všemi vozidly pouze 2 %, produkují až 22 % veškerých emisí. [77]

Většina servisních vozů a lehkých nákladních automobilů pokryje denně trasu menší než 300 km. Tuto trasu není v současné době problém ujet elektromobilem na jedno nabití, který má nižší provozními náklady (na pohonné hmoty⁸ zhruba o 40 % a na údržbu až o skoro 50 %), oproti naftovým motorům. Proto se elektromobily jeví jako možné řešení. [77]

Výhodou nabíjení lehkých nákladních elektromobilů⁹ by mohlo být nabíjení mimo špičku, tedy mimo 8.-14. hodinou a 20.-21. hodinou. Jelikož jsou používány pro pracovní účely, v rámci denní špičky jsou většinou v provozu a zbytek dne jsou zaparkovány. To znamená, že nemusí být nabíjeny rychlými nabíjecími stanicemi a jejich zatížení sítě tak klesá. Z toho důvodu bude ze začátku převládat nabíjení v depech, a to zhruba o 80 %. Ale s postupem času bude nezbytné využití komerčních stanic, a především ve městech. [77]

Velkou expanzi plánují dopravci nákladních elektromobilů v USA. Na konci roku 2019 bylo v Americe používáno přes 2 000 nákladních elektromobilů. To se má však do roku 2025 změnit a jejich počet má vzrůst až na 54 000. Spolu s nimi vzroste i počet nabíjecích bodů pro elektrická nákladní vozidla na 48 000. [103]

Jelikož budou mít nákladní elektromobily baterii až o desetinásobné kapacitě osobních elektromobilů (od 500-1 000 kWh) musí se zvýšit i výkon nabíjecích bodů desetinásobně, tedy až na hodnotu 3,5 MW. Firma CharIN vyvíjí vysokorychlostní nabíjecí stanici v projektu High Power Charging for Commercial Vehicles. Ta by měla vyvinout přes 1 MW a být kompatibilní s nabíjecím standardem CCS. [37] Společnost Daimler Trucks North America vyvíjí nabíjecí stanici o velmi vysokém výkonu až 3 MW pro jejich nákladní tahač Freightliner eCascadia, který se má s kapacitou baterie 475 kWh

⁸ levnější pohonné hmoty a vliv rekuperace

⁹ Automobily jejichž užitečná hmotnost je pod 3,5 tuny.

a dojezdem 400 km stát konkurentem Tesla Semi. [16] Ovšem nabíjení z tak výkonné nabíjecí stanice dokáže být velmi náročné pro síť. Zvýšené zatížení lze částečně vyřešit výrobou solární energie na nabíjecí stanici a dobíjením ze skladované energie, která plní i funkci vyrovnávání výkonových špiček sítě. [26]

Daimler Trucks North America ve spolupráci s Portland General Electric plánuje vybudování veřejného nabíjecího místa v Portlandu v Oregonu zvaného „elektrický ostrov“ (Obrázek 3.1), který bude závislý pouze na obnovitelné energii. Měl by být určen pro těžké a středně těžké nákladní vozy. Již na jaře 2021 by zde mělo být v provozu devět nabíjecích stanic o výkonech přes 1 MW a další stanice s výkony 200 kW. V budoucnu je počítáno s možným rozšířením výkonů, a proto je tamní distribuční síť připravena na výkony nabíjecích stanic až do 5 MW. [70]

V následujících kapitolách jsou uvedeny parametry konkrétních lehkých užitkových elektromobilů (3.1.1, 3.1.2) a nákladních elektromobilů (3.1.3, 3.1.4).



Obrázek 3.1 Elektrický nabíjecí ostrov v Portlandu [72]

3.1.1 Ford E-Transit

Ford Transit byl modifikován na čistě elektrickou verzi E-Transit. Jelikož verze se spalovacím motorem patří mezi nejprodávanější dodávky na světě, lze očekávat vyšší zájem ze strany zákazníků o verzi na elektrický pohon. Ta disponuje systémem Pro Power Onboard, tedy možností palubního nabíjení nářadí o výkonu až 2,3 kW. Jedná se o pilotní technologii na evropském trhu. Dojezd E-Transitu je, za využití akumulátoru o kapacitě 67 kWh, do 350 km. E-Transit podporuje nabíjení na rychlé stejnosměrné nabíjecí stanici až do výkonu 115 kW, což znamená, že z 20 % se na 80 % dostane za 31 minut. Prodej Fordu E-Transit by měl být v Evropě zahájen na jaře 2022. [30]

3.1.2 Peugeot e-Expert

Jedná se o elektrickou dodávku s dojezdem 330 km. Vůz disponuje pracovním objemem až 6,6 m³, díky umístění baterií pod podlahou a je schopen táhnout náklad až o hmotnosti 1 000 kg. Je k dostání ve dvou variantách s kapacitou baterie 50 kWh (dojezd 230 km) nebo 75 kWh (dojezd 330 km). Vůz je dále vybaven dvěma palubními nabíjecími systémy (jednofázovou o výkonu 7,4 kW a třífázovou o výkonu 11 kW). [51]

3.1.3 Tesla Semi

Na rok 2021 je plánováno spuštění pilotního nákladního elektromobilu Tesla Semi společnosti Tesla, který byl představen již v roce 2017, ale stále se nachází ve stádiu prototypu. [90]

Tesla Semi by měla být prodávána ve dvou variantách. Verze s dojezdem do 500 km (310 mil) za 150 000 US\$ a s dojezdem do 800 km (497 mil) za 180 000 US\$. V budoucnu Tesla slibuje dojezd až 1 000 km (621 mil). [26]

V současné době není na trhu nabíjecí stanice, která by dokázala nabít Tesla Semi v adekvátním čase, a tak je nabíjení řešeno přes více superchargerů V2. Tesla již pracuje na vývoji své supervýkonné nabíjecí stanice Megacharger pro nákladní vozidla, jejíž výkon by měl přesáhnout 1 MW. V tuto chvíli nejsou dostupné bližší parametry. [90]

3.1.4 Volvo VNR Electric

Jedná se o nákladní elektromobil s kapacitou baterie 264 kWh. VNR Electric bude disponovat výkonem 335 kW a točivým momentem 5 510 Nm. Do prodeje se dostal ve druhém čtvrtletí roku 2021 a je dostupný ve třech variantách: valník¹⁰, tahač 4x2 a tahač 6x2. Valník je určen pro lokální rozvoz potravin a zásilek. Poskytne nosnost 15 060 kg GVWR¹¹ s dojezdem 241 km. Tahač 4x2 nabízí dojezd 193 km při GCWR skoro 30 000 kg. Tahač 6x2 může nést při dojezdu 193 km až 37 200 GVWR. [96]

3.1.5 Těžké pracovní stroje

Cílem elektrifikace těžkých pracovních strojů je snížení hlukové zátěže, emisí a nákladů na pohonné hmoty.

První plně elektrifikované stavební stroje jsou již v provozu ve Francii, a to od 17. prosince 2020. Stroje byly dodány od společnosti Volvo Construction Equipment. Jednalo se o kompaktní rypadlo Volvo ECR25 Electric a nákladní elektromobil Volvo FE Electric. [99]

Ve švédském Göteborgu bylo do lomu Skanska Vikan Kross nasazeno deset elektrifikovaných těžebních strojů. Mezi těmito stroji bylo rypadlo EX1,

¹⁰ Jedná se o nákladní vozidlo s otevřenou vanovou nástavbou s otevíratelnými bočnicemi (bez bočnic).

¹¹ GVWR = celková hmotnost (elektromobil, posádka, náklad...)

elektrický kolový nakladač LX1 a osm autonomních nákladních nosičů HX2, od společnosti Volvo EC. [84]

Již v roce 2017 byl ve Švýcarsku testován elektrický sklápěč Komatsu 605-7 s trvanlivým výkonem 590 kW, kapacitou baterií 700 kWh a točivým momentem 9 500 Nm. Jelikož běžný sklápěč ročně vyprodukuje 131-262 tun CO₂ a spotřebuje 50 000-100 000 litrů nafty, je nasazení elektrických sklápěčů možným způsobem omezení uhlíkové stopy. [89]

3.2 Hromadná doprava

Quebecká společnost Lion Electric Company, která vyrábí elektrické školní autobusy nasadila do provozu v New Yorku pět elektrobuseů LionCs s V2G připojením. Dojezd těchto autobusů je na jedno nabití mezi 100-250 km a kapacita cestujících je až 72 osob. Jelikož se ve Spojených státech nachází až 480 000 školních autobusů a 10 % se nachází v New Yorku, tak je zde velký prostor pro zapojení elektrických autobusů do provozu. [61]

V Nizozemí je již v provozu 246 elektrických autobusů od čínského výrobce BYD. Jedná se o jednoznačně největší flotilu elektrických autobusů nasazenou v Evropě. Autobusy jsou vybaveny nejen nabíjecím standardem CCS Combo, ale také nabíjecím systémem s pantografem. [10]

V České republice se výrobou elektrických autobusů zabývá například společnost Škoda. V Plzni rozšíří dopravní podnik v letech 2021-2022 flotilu o čtyři kloubové bateriové trolejbusy ŠKODA 27 Tr a čtyři ŠKODA 26 Tr.[65] Společnost Škoda dodá elektrické autobusy i do hlavního města Prahy. Dopravní podnik města Prahy nakoupil 14 elektrických autobusů E'City. [104]

3.2.1 Elektrobuss ŠKODA 29BB

Jedná se nízkopodlažní elektrobuss s možností rekuperace brzdnné síly a nabíjením z troleje. Na jedno nabití urazí vzdálenost až 150 km. Disponuje nominálním výkonem 160 kW. Vyvine rychlost maximálně 65 km/h. Rozměrové parametry jsou 8,95 m x 2,4 m x 3,4 m. [62]

3.2.2 Elektrobuss ŠKODA E'City

Jedná se o dvanáctimetrový nízkopodlažní elektrický autobus s konstrukční rychlostí 80 km/h. Disponuje maximálním dojezdem 100 km. Elektrobuss lze nabíjet maximálním nabíjecím výkonem 150 kW.[104]

3.2.3 Autobuss ŠKODA PERUN HP

PERUN HP je nízkopodlažní bateriový autobus s kapacitou baterie 78 kWh a nominálním výkonem 160 kW. Je vhodný pro linkové spoje, jelikož je jeho dojezd pouze 30 km na jedno nabití. Tento nízký dojezd je možné při rychlém dobíjení dobít již za 6-8 minut.

Zmíněná doba je vyhovující pro městskou dopravu, jelikož autobus urazí krátkou dráhu a poté čeká na konečné zastávce. Jeho rozměry jsou 12 m na délku, 2,55 m na šířku a 3,25 m na výšku. Disponuje maximální rychlostí 80 km/h. [52]

3.2.4 Autobus ŠKODA PERUN HE

Dvounápravový bateriový autobus PERUN HE disponuje nominálním výkonem 160 kW. Kapacita baterie je 222 kWh s dojezdem 150 km. Při rychlém nabíjení lze PERUN HE dobít za 70 minut. Je schopen vyvinout maximální rychlost 80 km/h. Rozměry tohoto elektrobuse jsou 12 m x 2,55 m x 3,25 m. [19]

3.3 Autonomní řízení

V současné době rozlišujeme 6 levelů řízení automobilu: 0, 1, 2, 3, 4 a 5. Tyto levely byly definovány organizací Society of Automotive Engineers International.

- Level 0 zahrnuje dnes nejrozšířenější skupinu automobilů. Jedná se o automobily, nad kterými má plnou kontrolu pouze řidič a automobil může pouze varovat, či upozornit.
- Automobily v levelu 1 již mohou zasahovat do řízení v omezené míře. Vždy může ovšem vykonávat pouze jednu funkci naráz (zrychlovat, zpomalovat,...).
- Level 2 je podobná jako skupina 1 ovšem s tím rozdílem, že automobil dokáže kombinovat funkce řízení (například: systém automatického parkování).
- Automobily levelu 3 již mohou za specifických situací kompletně převzít kontrolu nad vozidlem, ovšem řidič musí být stále za volantem. Specifickými situacemi jsou například rovná a široká silnice a dobře viditelným vodorovným značením.
- V levelu 4 jsou zahrnuty automobily s vysokým stupněm automatizace. Automobil je schopen samostatného provozu bez zásahu řidiče za normálních podmínek. Při rizikových podmínkách jako jsou mlha, sněžení, déšť automobil vyzve řidiče k převzetí kontroly. Pokud řidič nereaguje automobil sám bezpečně zastaví.
- Poslední level 5 charakterizuje automobily, které pro svůj provoz řidiče nepotřebují. [63]

Autonomní řízení je jeden z faktorů, který by se v budoucnu mohl projevat v návrzích nabíjecích infrastruktur, a to nejvíce level 5. Při současné situaci s nedostatkem parkovacích míst ve městech lze při provozování levelu 5 autonomního řízení po ukončení přepravy cestujících, či nákladu zaparkovat elektromobil mimo město, nebo na předměstí. To by se projevilo na zatížení sítě. Zvýšilo by se zatížení sítí v oblastech mimo město. Elektromobily by zde parkovaly v garážových objektech, kde by byly po zaparkování automaticky připojeny k nabíjení a došlo by ke spuštění nabíjecí

relace. Se zapojením autonomních elektromobilů lze předpokládat rozvoj sdílených automobilů, což by vedlo k celkovému snížení počtu automobilů na silnicích. [106]

V současné době dochází k rozsáhlému testování především automobilů stupně řízení level 4. Například společnost Scania testuje na dálnici E4 mezi městy Södertälje a Jönköping samojízdné nákladní autonomní automobily level 4. [82] Značkou Volkswagen Užitkové vozy je plánováno nasazení užitkového autonomního elektromobilu level 4 ID.BUZZ pro komerční užití od roku 2025. [38]

Zoox, dceřiná společnost Amazonu, testuje v Las Vegas autonomní taxi. Toto účelové vozidlo má zorné pole 270 stupňů z každého ze čtyř rohů automobilu. Díky zajištění velkého rozsahu zorného pole a eliminováním takzvaných „mrtvých“ bodů bylo možné dosáhnout maximální rychlosti autonomního elektromobilu na 75 mil za hodinu (120 km/h). [107]

V rozvoji autonomních elektromobilů je v současné době nejdále společnost Tesla. Ovšem je otázkou, zda elektromobily navrhnuté společností Tesla, a tedy určené pro provoz na amerických silnicích budou použitelné v Evropě, jelikož silniční provoz ve Spojených státech amerických je jiný než evropský. Dále je zde velký rozdíl v provozu ve městech a na vesnicích.

Dalším problémem, který je nutné pro zavedení autonomních elektromobilů do běžného provozu vyřešit, je legislativa daného státu. Přesněji vymezení pojmu autonomní vozidlo, jelikož tento výraz, například v České republice, není nikde ukotven. Dalším legislativním problémem autonomních automobilů je odpovědnostní vztah při případných škodách způsobených provozem autonomního automobilu. [5]

4. NABÍJENÍ ELEKTROMOBILŮ

„Pojmy vztahující se k zákonu č. 311/2006 Sb., o pohonných hmotách

dobíjecí stanice = jeden nebo více dobíjecích bodů,

dobíjecí bod = zařízení schopné dobíjet v určitém okamžiku jedno elektrické vozidlo nebo u něhož je možno provést výměnu baterie v určitém okamžiku u jednoho elektrického vozidla a jehož hlavním účelem je dobíjení elektrického vozidla“ [18]

4.1 Pomalé nabíjení BEV

Pomalé nabíjení se dělí na řízené a neřízené nabíjení. Rozdíl mezi řízeným a neřízeným nabíjením je zpracován v kapitole 4.3 a 4.4

V tabulce 4.1 jsou znázorněny nabíjecí časy vybraných bateriových osobních elektromobilů při nabíjení 11 kW, zvýšení dojezdu za jednu minutu a odebraná energie za jednu minutu.

Tabulka 4.1 Přehled doby nabíjení vybraných osobních BEV [25]

Název BEV	Doba nabíjení z třífázového nabíjecího bodu 16 A (11 kW)	Zvýšení dojezdu za 1 minutu (km/min)	Odebraná energie za 1 minutu (kW/min)
Tesla Cybertruck Tri Motor	21h30min	0,58	0,16
Tesla Roadster	21h30min	0,75	0,16
Tesla Model S	10h15min	0,85	0,15
Tesla Model S Long Range Plus	10h15min	0,88	0,15
Tesla Model X Long Range Plus	10h15min	0,77	0,15
Ford Mustang Mach-E ER RWD	9h30min	0,77	0,15
Porsche Taycan 4S Plus	9h	0,80	0,16
BMW i4	8h45min	0,85	0,15
Volkswagen ID.3 Pro S	8h15min	0,92	0,16
Tesla Model 3 Long Range Dual Motor	7h30min	1,02	0,16
Hyundai Kona Electric 64 kWh	7h	0,95	0,15
Lightyear One	6h30min	1,47	0,15

V tabulce 4.2 je uveden přírůstek dojezdu tří EV společnosti Tesla (Model 3, Model S a Model X), při různých nabíjecích výkonech od 2,3 – 16,5 kW. Pro Model 3 je stejná hodnota přírůstku pro 11 i 16,5 kW¹². Stejným způsobem je omezen i nabíjecí příkon Modelu S na 16,5 kW. Hodnota maximálního nabíjení Modelu X je až 22 kW a dojezd by se za jednu hodinu nabíjení zvýšil až o 100 km. Vozy Tesla lze dobíjet

¹² Hodnota maximálního palubního příkonu je při nabíjení na nabíjecích stanicích obcházena.

ze standardních zásuvek, jelikož každý vůz ve své výbavě obsahuje domácí adaptér. Ten umožňuje dobít 13-18 km/h. [25]

Z tabulky 4.2 je patrné, že pro nižší nabíjecí výkony do 11 kW, je vhodný spíše Model 3, jelikož se jeho dojezd zvyšuje více, ovšem tato výhoda opadá při nabíjecích výkonech nad 11 kW.

Tabulka 4.2 Nárůst dojezdu vybraných modelů BEV Tesla při určitých výkonech [25]

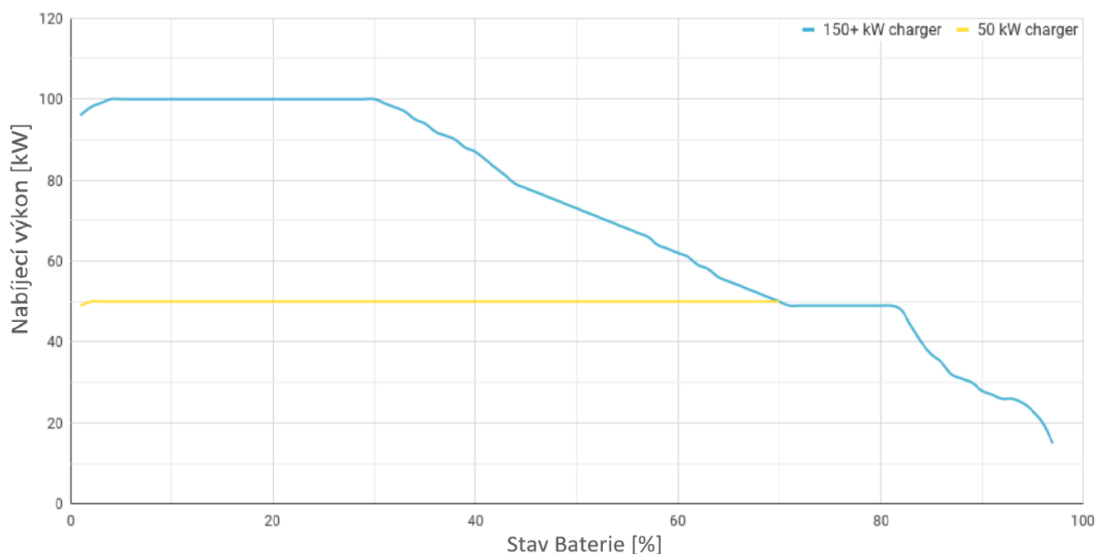
Výkon výstupního nabíjecího bodu	Nárůst dojezdu za jednu hodinu (km/h)		
(kW)	Model 3	Model S	Model X
16,5	65	77	69
11	65	51	46
7,4	44	35	31
3,7	22	17	15
2,3	14	11	10

V tabulce 4.3 jsou znázorněny nabíjecí časy vybraných nákladních elektromobilů při nabíjení 11 kW, zvýšení dojezdu za jednu minutu a odebraná energie za jednu minutu.

Tabulka 4.3 Přehled doby nabíjení vybraných lehkých dodávek [25]

Název	Doba nabíjení z třífázového nabíjecího bodu 16 A (11 kW)	Zvýšení dojezdu za 1 minutu (km/min)	Odebraná energie za 1 minutu (kW/min)
Mercedes EQV 300 Long	9h45min	0,57	0,15
Opel Zafira-e Life L 75 kWh	7h30min	0,60	0,15
Citroen e-SpaceTourer M 75 kWh	7h30min	0,60	0,15
Peugeot e-Traveler Long 50 kWh	5h	0,62	0,15

4.2 Rychlé nabíjení BEV



Obrázek 4.1 Nabíjecí charakteristika Volkswagen ID.3 Pro S při nabíjení 50 kW a 150+ kW [56]

Obrázek 4.1 znázorňuje rychlé DC nabíjení BEV. Jak je z obrázku patrné nabíjení neprobíhá po dobu celého nabíjení baterie stejně. V oblasti od 0-80 % se jedná skutečně o rychlé DC nabíjení, ale v oblasti nad 80 % kapacity baterie DC nabíjení začíná snižovat svůj nabíjecí výkon. Tento jev nastává, aby nedošlo k poškození baterie a je řízen elektromobilem, omezením maximálního palubního výkonu. Proto modrá křivka pro nabíjecí výkon nad 150 kW klesá již při 30 % kapacity baterie. Z tohoto důvodu bude v následujících tabulkách pro výpočet doby nabíjení a hodnot odebrané energie počítáno s nabíjením baterie od 10-80 %. Dále vyplývá, že i když byla použita nabíjecí stanice o výkonu nad 150 kW, maximální hodnota nabíjecího výkonu byla pouze 100 kW, to je opět zapříčiněno maximálním palubním výkonem, kdy si elektromobil odebere z nabíjecí stanice jen výkon, na který byl nastaven.

V tabulce 4.4 jsou porovnány vybrané osobní elektromobily na základě DC nabíjení 150 kW a 350 kW. Přehledy cen nabíjení vybraných elektromobilů jsou zpracovány v příloze A.1 a A.2.

V tabulce 4.5 jsou porovnány elektromobily společnosti Tesla na základě porovnání DC nabíjení při nabíjení na stanicích Supercharger V2 a Supercharger V3. Přehledy cen nabíjení elektromobilů Tesla jsou zpracovány v příloze A.3 a A.4.

Tabulka 4.4 Rychlé DC nabíjení vybraných osobních BEV [25]

Název BEV	Rychlé nabíjení DC 150 kW ¹³ (min)	Rychlé nabíjení DC 350 kW ¹³ (min)	Zvýšení dojezdu za jednu minutu při DC 150 kW (km/min)	Zvýšení dojezdu za jednu minutu při DC 350 kW (km/min)
Porsche Taycan 4S Plus	31	20	9,67	15,17
Hyundai Kona Electric 64 kWh	44	44	6,33	6,33
Volkswagen ID.3 Pro S	36	-	8,67	-
Lightyear One	44	44	9,00	9,00
BMW i4	29	-	10,83	-
Ford Mustang Mach-E ER RWD	43	-	7,17	-

Tabulka 4.5 DC nabíjení u vybraných osobních BEV od společnosti Tesla [25]

Název	Rychlé nabíjení Superchargerem V2 ¹⁴ (min)	Rychlé nabíjení Superchargerem V3 ¹⁴ (min)	Zvýšení dojezdu za 1 minutu při nabíjení Superchargerem V2 (km/min)	Zvýšení dojezdu za 1 minutu při nabíjení Superchargerem V3 (km/min)
Tesla Model S Long Range Plus	40	34	9,33	11,00
Tesla Model X Long Range Plus	40	34	8,17	9,67
Tesla Model S	40	34	9,17	10,67
Tesla Model 3 Long Range Dual Motor	36	34	8,83	9,33
Tesla Cybertruck Tri Motor	68	44	7,67	11,83

¹³ Jedná se o nabíjení z 10 % kapacity baterie na 80 %, při dokonalém dobíjení (účinnost nabíjecí stanice = 100 %).

¹⁴ Jedná se o nabíjení z 10 % kapacity baterie na 80 %, při dokonalém dobíjení (účinnost nabíjecí stanice = 100 %).

V tabulce 4.6 jsou porovnány lehké užitkové elektromobily při DC nabíjení 150 kW. Porovnání cen lehkých užitkových elektromobilů je zpracováno v příloze A.5.

Tabulka 4.6 Rychlé DC nabíjení vybraných lehkých dodávek [25]

Název	Rychlé nabíjení DC 150 kW (min)	Zvýšení dojezdu za jednu minutu při rychlém nabíjení DC 150 kW (km/min)
Mercedes EQV 300 Long	47	4,83
Opel Zafira-e Life L 75 kWh	40	4,67
Peugeot e-Traveler Long 50 kWh	27	4,67
Citroen e-SpaceTourer M 75 kWh	40	4,67

4.3 Neřízené nabíjení

Vliv neřízeného a řízeného nabíjení spadá do problematiky pomalého AC nabíjení. Během neřízeného nabíjení není uživatel nijak omezen v nabíjení a při napojení EV do sítě začne okamžitě nabíjet. To může být ovšem problém pro distribuční síť, při připojení více EV zároveň v dané oblasti, zvláště v době denní špičky poptávky od 17:00 do 20:00.

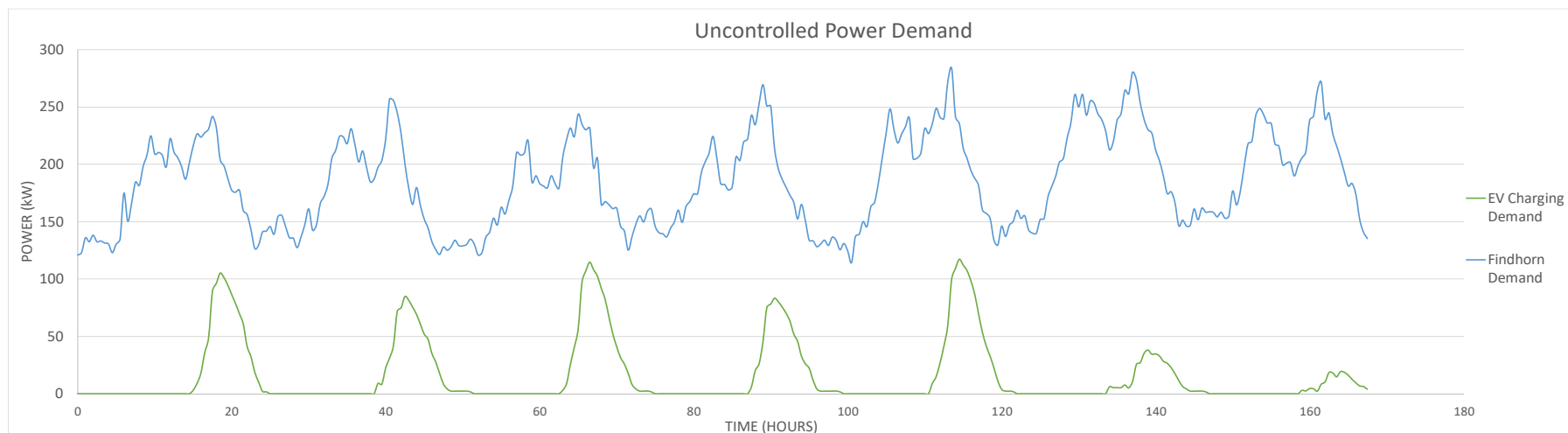
Obrázek 4.2; Obrázek 4.3; Obrázek 4.4 a Obrázek 4.5 byly vytvořeny pro oblast Findhorn Ecovillage ve skotské Moray. Obec zahrnuje 184 domácností a 500 obyvatel. [93]

Při neřízeném nabíjení se špička denní poptávky energie potkává se špičkou nabíjení EV (viz. Obrázek 4.2). To způsobí nárůst celkové poptávky při denní špičce (Obrázek 4.3).

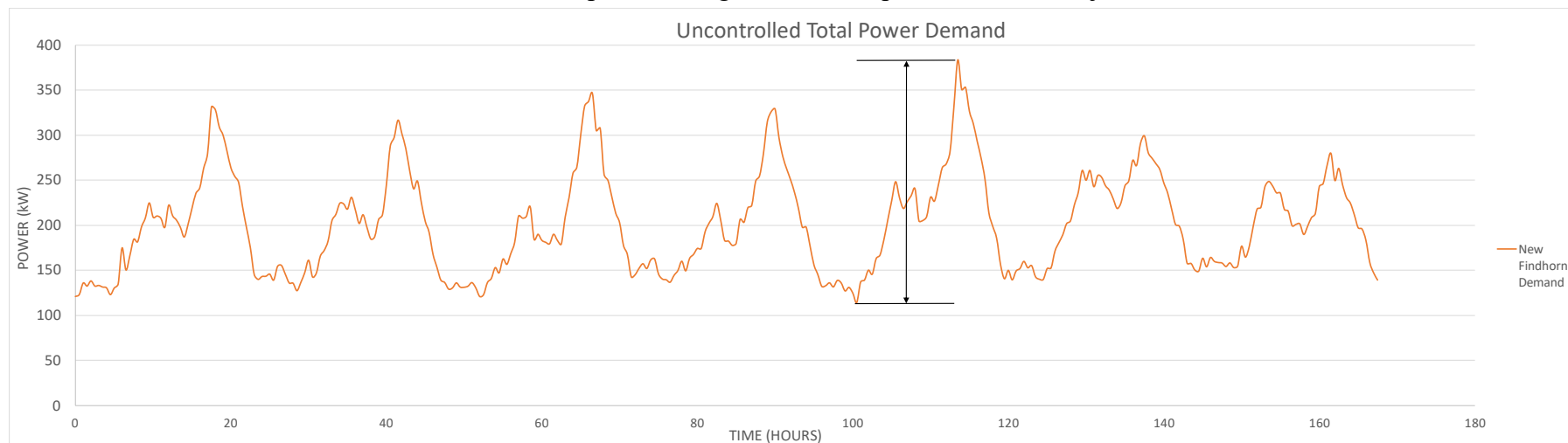
4.4 Řízené nabíjení

Účel řízeného nabíjení je nabíjet EV mimo dobu denní špičky. To znamená, že EV se po připojení uživatelem do sítě nezačne okamžitě nabíjet, ale nabíjení je odloženo.

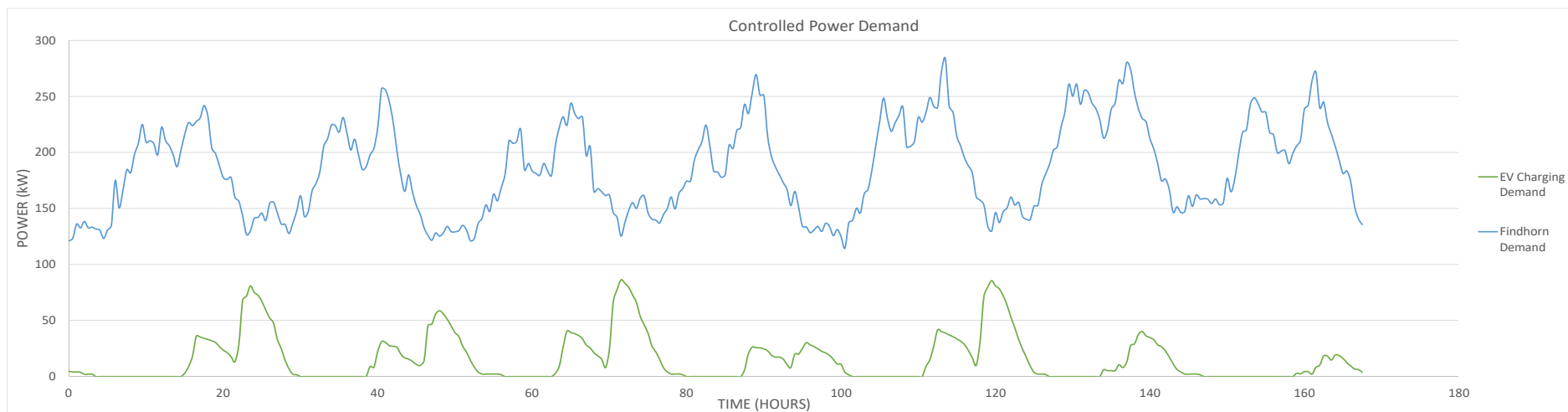
Při řízeném nabíjení se nachází špička poptávky po energii ze strany EV téměř v minimech poptávky energie obce (viz. Obrázek 4.4). Ve výsledku nedošlo k výraznému zvýšení celkové poptávky po energii v době denní špičky (Obrázek 4.5). Naopak se poptávka stala více konstantní, nejsou v ní takové výkyvy, což je velmi kladný důsledek pro distribuční síť, kdy při řízeném nabíjení se nejen nezvýší poptávka v době špičky, ale poptávka se více ustálí (porovnání Obrázek 4.3 a Obrázek 4.5). Křivka neřízeného nabíjení, obsahuje velmi ostré špičky v dobách denních maxim poptávky (Obrázek 4.3), kdežto křivka řízeného nabíjení, obsahuje více špiček, ale jsou menší (Obrázek 4.5).



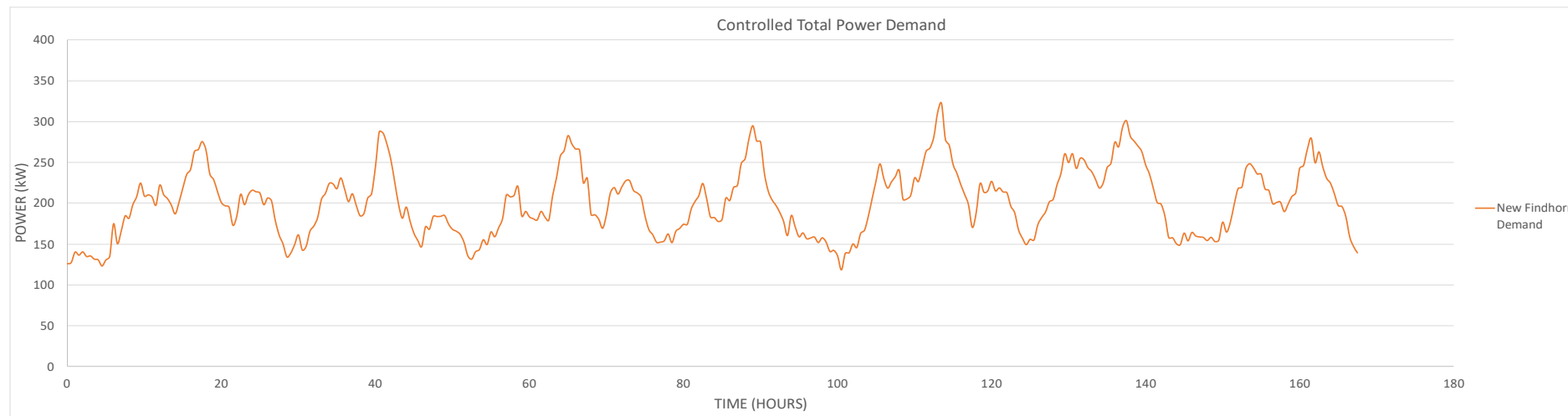
Obrázek 4.2 Poptávka energie obce a EV při neřízeném nabíjení [93]



Obrázek 4.3 Celková poptávka obce při neřízeném nabíjení [93]



Obrázek 4.5 Celková poptávka obce při řízeném nabíjení [93]



Obrázek 4.4 Poptávka energie obce a EV při řízeném nabíjení [93]

4.5 Nabíjení V2G

Jelikož elektrická vozidla (EV) tráví přes 90 % času zaparkovaná, mohla by být připojená k síti a sloužit jako spousta menších baterií. To by mohlo pomoci stabilizovat síť při využívání energie z obnovitelných zdrojů. Připojením EV do distribuční soustavy by mohlo dojít ke snížení finančních nákladů. Například v Hamburku je tato možnost již testována a po úplné implementaci by se náklady sítě na nabíjení EV mohli snížit až o 90 %. [81] Budoucnost této myšlenky je naznačena prognózou společnosti IRENA, která uvádí, že v roce 2050 by celková kapacita všech EV mohla být okolo 14 TWh, kdežto kapacita stacionárních baterií by se měla pohybovat jen na hranici 9 TWh. Tato kapacita by se dala využít pomocí technologie Vehicle-to-grid (V2G). EV by byla schopna energii ze sítě čerpat, ale i ji dodávat zpět do sítě. Za poskytování energie do sítě by museli být zákazníci odměňováni nejen ze strany distributora (například finanční odměna), ale i ze strany státu (daňové úlevy pro instalaci inteligentního nabíjení). Majitelé vozů Nissan EV ve Spojeném království a v Dánsku již mohli vyzkoušet získání odměny vrácením energie zpět do sítě pomocí V2G nabíjecích stanic Enel.

Obousměrné nabíjecí stanice již nabízí například společnost ABB. Tato nabíjecí stanice s výkonem 11 kW je schopna ušetřit až 20 eur za měsíc nabíjením na jedno EV. [40]

Na druhou stranu, současným trendem je rychlé a ultra rychlé nabíjení, které pro inteligentní nabíjení není ideální, protože jsou EV připojena jen krátkou dobu k síti. Vyhovující je spíše pomalé nabíjení. EV by proto měla být připojena v síti, pokud jsou uživatelé v práci nebo doma a EV by byla připojena zhruba 6 hodin.

4.6 Nabíjení za jízdy

Nabíjení pohybujícího se objektu bylo představeno již v roce 2017. Jednalo se o studii na Stanfordské univerzitě, ve které bylo zkoumáno nabíjení za jízdy po dálnici. Tato technologie byla pro její nízkou efektivitu v praxi neproveditelná. Systém přenášel pouze 10 % veškeré energie protékající systémem. Ve své nové studii se již povedlo přenášet 92 % celkové energie. Tohoto bylo dosaženo využitím efektivnějšího zesilovače. Přenos energie pomocí bezdrátových nabíjecích stanic vzniká magnetickým polem, které kmitá o rezonanční frekvenci a způsobuje vibrace v magnetických cívkách na přijímači. Ovšem Dopplerovým jevem je způsobeno, že pokud je vysílač, nebo přijímač v pohybu rezonanční frekvence se mění. Proto lze v dnešní době přenášet pouze 10 W na dvou až tři stopovou (0,6-0,9 m) vzdálenost. Studie se zmiňuje, že při přenášení jednotek wattů již není velký problém přenášet stovky wattů. Faktorem, který ovlivní vývoj bezdrátového přenosu, bude skutečnost, kolik energie budou schopny baterie elektrických vozidel přijmout. [85]

4.7 Analýza způsobu nabíjení uživatelů EV

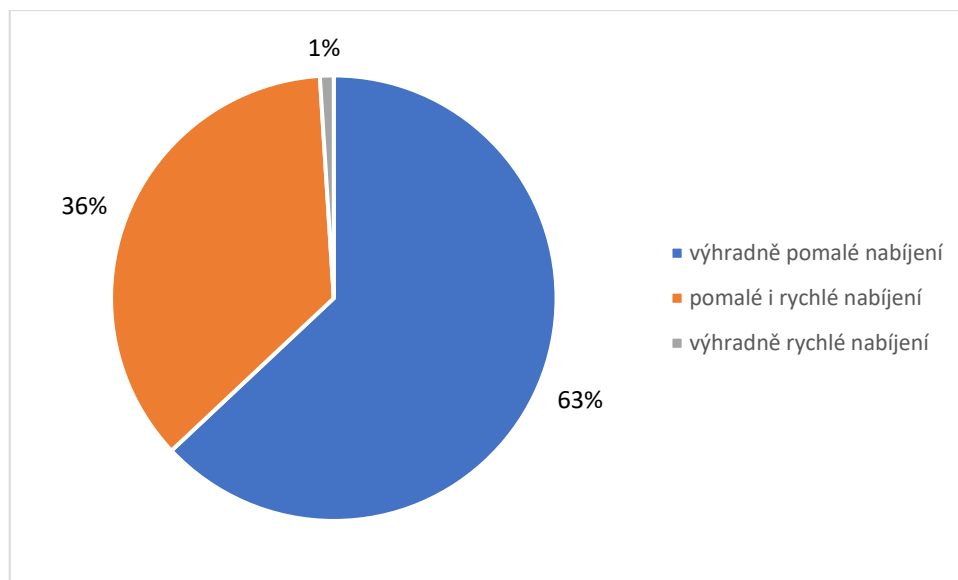
Tato podkapitola se zabývá způsobem chování majitelů při nabíjení elektromobilů. V rámci zkoumání byly použity tyto otázky: Kdy uživatelé nabíjí? Jak často? Nabíjí do 100 % kapacity baterie? Jaké nabíjecí výkony preferují?

4.7.1 Nabíjení uživatelů ve Spojených státech

Podle studie „Plugged In: How Americans charge their electric Vehicles“ [64], které se zúčastnilo 4 000 uživatelů Nissanu Leaf ve Spojených státech mezi lety 2012-2014, preferovali řidiči domácí nabíjení. Všichni účastníci studie měli možnost domácího nabíjení Režim 2 a byli schopni použít stejnosměrné rychlé nabíjení s nabíjecím standardem CHAdeMO.

Z celkového počtu provedených nabití bylo až 84 % domácího nabíjení a jen 16 % veřejného nabíjení. Z těchto 16 % uživatelů jich 63 % nabíjelo pouze nabíjením režim 1¹⁵ nebo režim 2, 36 % využilo nabíjení režim 1, režim 2 a rychlé nabíjení (zejména nabíjení na pracovišti) a pouze 1 %, tedy 6 řidičů, nabíjeli výhradně rychlým nabíjením (viz. Obrázek 4.6). [64]

Až 13 % všech uživatelů nabíjelo pouze doma a téměř polovina uživatelů provedla nabíjení mimo domov jen v 5 % případech. Až 77 % respondentů, kteří prováděli nabíjení na veřejných stanicích, výhradně používali tři a méně oblíbených lokací, převážně se jednalo o nabíjení na pracovišti a 14 % uživatelů navštěvovalo více než 5 lokací. [64]



Obrázek 4.6 Preference nabíjení uživatelů podle typu nabíjení [64]

¹⁵ Jelikož se jedná o studii staršího data je zde uveden i režim nabíjení 1, který je již dnes v USA zakázán (viz. kapitola 1.1.1), ovšem v období provádění studie byl povolen.

V průběhu pracovního týdne 65% nabíjení probíhalo domácím nabíjením, 32 % nabíjení bylo provedeno na pracovišti a pouze 3 % na jiných nabíjecích stanicích. Velké procento nabíjení na pracovišti je způsobeno faktem, že většina řidičů měla možnost bezplatného nabíjení na pracovišti. Přes víkendy se počet nabíjení na jiných nabíjecích stanicích zvýšil na 8 %. Nabíjení prováděná přes noc probíhalo výhradně domácím nabíjením. Přes víkendy se mírně zvyšoval počet veřejných nabití přes den, a to i přes nízké (téměř nulové) nabíjení na pracovištích, ovšem nedošlo ke změně nočního nabíjení. [64]

DC rychlonabíjecí stanice byly využívány častěji než režim 2 nabíjení, až čtvrtina DC stanic zaznamenala v týdenním průměru více než 15 nabití a jedna stanice v průměru až 70 nabití. Uživatelé v průměru na těchto stanicích strávili 19,5 minut. Většina DC stanic se nacházela u dálnic a na těchto stanicích nejvíce nabíjeli místní uživatelé. [64]

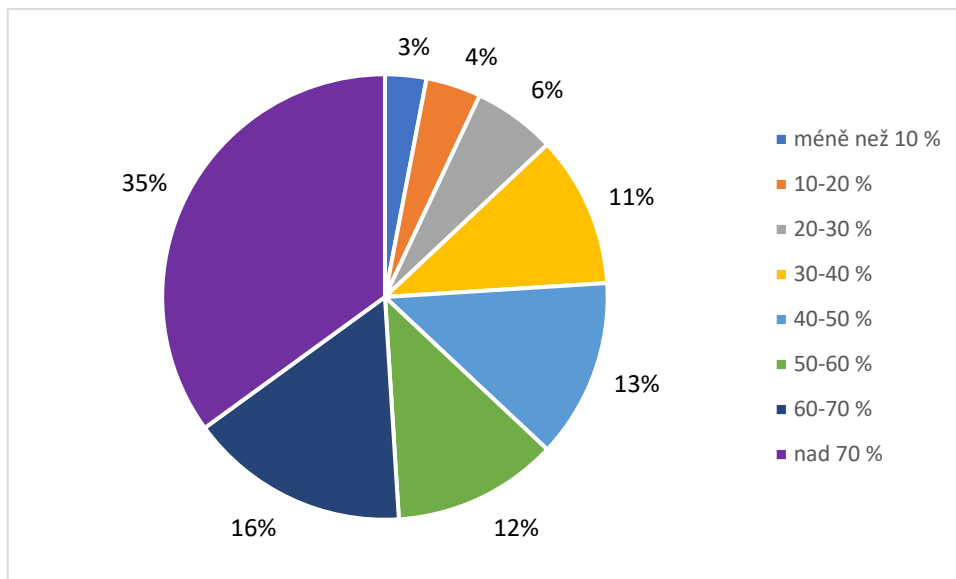
Řidiči, kteří využívali nabíjení mimo domov nacestovali v průměru i více kilometrů. Uživatelé, kteří nabíjeli mimo domov v 0-30 % případů (69 % uživatelů), urazili denně v průměru 50 km. Ti, kteří nabíjeli mimo domov v 30-60 % případů (14 % uživatelů), urazili denně v průměru skoro 70 km a uživatelé, kteří nabíjeli mimo domov v 60 % případů a více (4 % uživatelů), v denním průměru urazili téměř 52 km. Oproti tomu uživatelé využívající výhradně domácího nabíjení urazili denně v průměru 40 km. [64]

Při domácím nabíjení bylo EV připojeno v průměru 12 hodin. Čas na nabití EV se pohybuje pod 5 hodin na režimu 1 nabíjení a mezi 1-3 hodinami na režimu 2 nabíjení. Proto si nejvíce uživatelů naprogramovalo nabíjení, které probíhalo v době mezi první a pátou hodinou ranní. Uživatelé měli také možnost nastavit EV dobu odjezdu a podle stavu baterie vozidlo zvolilo dobu počátku nabíjení. Tato možnost je výhodná pro podporu sítě, protože do jisté míry způsobuje nahodilost časů nabíjení. [64]

Mladší studie „EV growing pains“ [23] z let 2014-2019, udává, že 3 900 pozorovaných elektromobilů (různých modelů a značek) celkově spotřebovalo 8 576 MWh, při 761 096 uskutečněných nabití. EV celkově urazily 46,5 milionů kilometrů. Z těchto dat vyplývá, že průměrná spotřeba odpovídá 185 Wh/km. Dále studie zmiňuje, že v roce 2014 začali řidiči průměrně nabíjet za stavu baterie 41,96 % a končili relaci nabíjení na 89,49 %. To je rozdíl oproti roku 2019, kdy byla nabíjecí relace průměrně zahájena při 47,22 % a končila při 84,63 % stavu baterie. Při uvažování EV o kapacitě 50 kWh by elektromobil spotřeboval energii 18,705 kWh. To odpovídá i hodnotě energie 17,959 kWh uvedené ve studii, kterou elektromobil průměrně spotřeboval během jedné nabíjecí relace v roce 2019. [23]

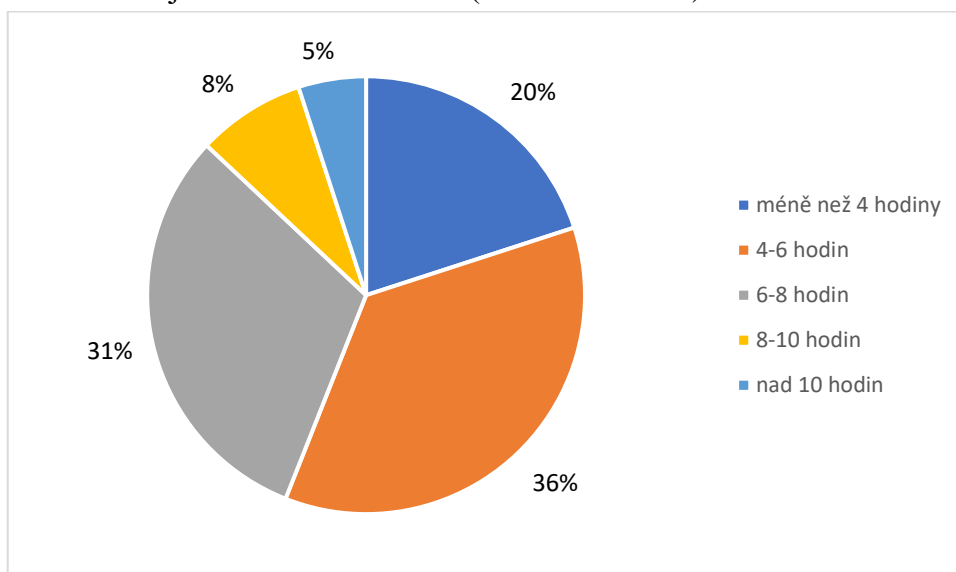
4.7.2 Nabíjení uživatelů v Nizozemí

Případová studie „Analysis of the effect of charging needs on battery electric vehicle drivers' route choice behaviour“ [2] z roku 2019 provedená v Nizozemí na 555 uživatelích BEV udává, že až 65 % uživatelů EV započalo nabíjecí relaci již na hodnotě baterie vyšší než 50 %. (viz Obrázek 4.7) [2]



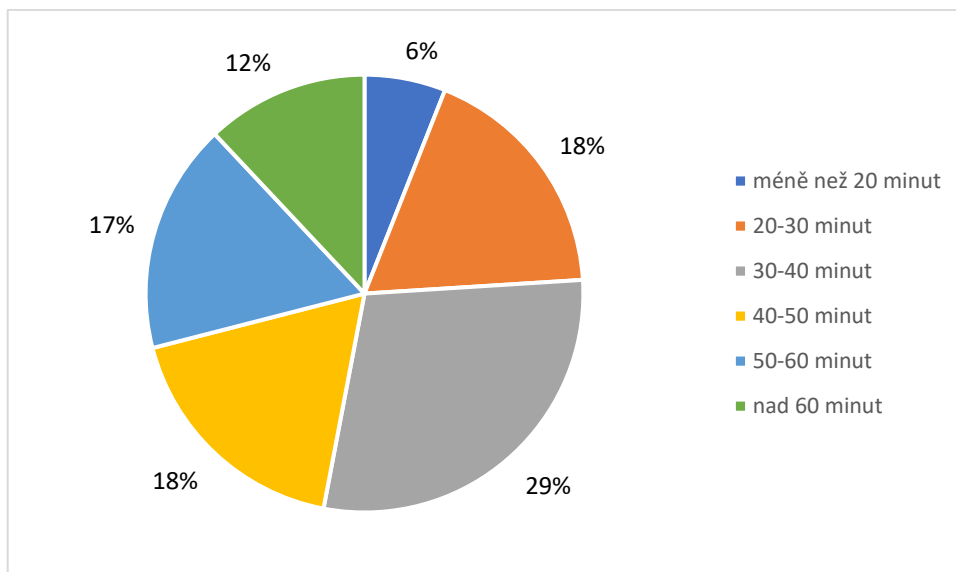
Obrázek 4.7 Stav baterie při spuštění nabíjecí relace [2]

Při nabíjení elektromobilů AC nabíjením byly vozy nejčastěji připojeny v rozmezí 4-8 hodin a 20 % střídavého nabíjení bylo uskutečněno méně než 4 hodiny. Naopak pouze v 5 % trvalo nabíjení déle než 10 hodin. (viz. Obrázek 4.8)



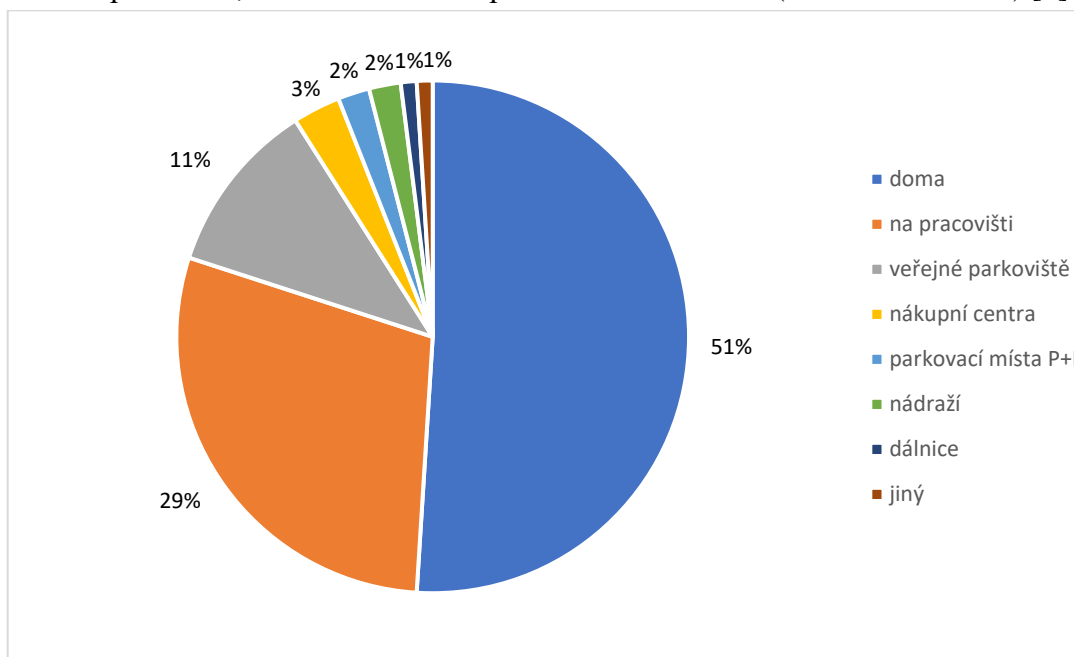
Obrázek 4.8 Rozložení nabíjecích časů při AC nabíjení [2]

Při DC nabíjení byly elektromobily připojeny nejčastěji 30-40 minut. Pouze 6 % nabíjení bylo uskutečněno do 20 minut a až 12 % při DC nabíjení trvalo více než 60 minut. (viz. Obrázek 4.9)[2]



Obrázek 4.9 Rozložení nabíjecích časů při DC nabíjení [2]

Nejvíce nabití proběhlo v domácím prostředí, a to až 51 %, dále pak 29 % nabití proběhlo na pracovišti, 11 % na nádraží a pouze 1 % na dálnici. (viz. Obrázek 4.10) [2]



Obrázek 4.10 Procentuální zastoupení nejčastějších nabíjecích lokací [2]

4.7.3 Zhodnocení nabíjení uživatelů EV

V této podkapitole bylo zjištěno, že více než 50 % uskutečněných nabíjení v této době se odehrává doma. Uživatelé neriskují vybití baterie a spouštějí nabíjecí relaci většinou nad 40 % kapacity baterie. Ovšem baterii nenabíjí do plna, při necelých 90 % kapacity baterie končí většina nabíjecích relací.

4.8 Způsoby regulace špiček zatížení nabíjecích stanic

Velkým problémem nabíjecích stanic je nestabilní odběr ze sítě. Někdy se stane, že na stanici není nenabíjeno žádné vozidlo a někdy je zase více vozidel nabíjeno současně. Tím vzniká finanční problém pro provozovatele nabíjecí stanice, pokud je v době denní špičky, kdy je elektřina dražší, nabíjeno více aut.

Ukládání do bateriových systémů

Částečným řešením, jak snížit odběr energie v denní špičce, je užití bateriového systému. Princip je jednoduchý. V době mimo špičku je nabíjecí stanicí odebírána energie za nižší cenu ze sítě a skladuje se v tomto bateriovém systému. Následně se v době špičky zvládne snížit odběr ze sítě.

Ve Spojených státech amerických začala tento bateriový systém používat společnost Electrify America a má již v provozu přes 60 Tesla Powerpacků, které disponují výkonem 210 kW a kapacitou 350 kWh. Jedním systémem se dokáže za den ušetřit až stovky dolarů. [6]

Na evropském trhu byly na vybraných nizozemských stanicích společnosti Shell určených k rychlému nabíjení instalovány bateriové systémy společnosti Alfen s kapacitou 350 kWh. [92] Bateriové systémy společnosti Alfen zajišťují dodávku i na nizozemských nabíjecích stanicích IONITY. [42]

Jelikož v roce 2022 bude v České republice 40 % uhelných elektráren uvedeno mimo provoz, lze předpokládat snížení salda na vyrovnané či deficitní. To by znamenalo konec distribuce elektrické energie do okolních států v případě vyrovnaného salda. A v případě deficitního salda by musela být elektrická energie dodávána. To by samozřejmě způsobilo zdražení komodity. Tato situace se mnohem markantněji projeví v Německu, kde budou v roce 2022 odstaveny všechny jaderné elektrárny. [79] Do popředí výroby budou čím dál více vstupovat energie z obnovitelných zdrojů, které bude zapotřebí ukládat. Rozvoj bateriových systémů je tedy na místě, a to nejen v oblasti nabíjecích stanic.

Solární nabíjecí stanice

Solární nabíjecí stanice jsou další možností snížení odběru nabíjecí stanice. V roce 2030 lze očekávat nárůst poptávky po energii ze strany elektrických vozidel v Evropě až šestinásobně oproti roku 2019 na 187 TWh. [32] Instalací solárních panelů na střechy nabíjecích stanic by tak mohlo vést k úspěšnému snížení tohoto čísla. Solární energie může být použita i v kombinaci s bateriemi a být ukládána pro pozdější užití.

Velký rozvoj zažívají tyto stanice ve Spojených státech amerických, ale i v České republice najdeme první stanici podobného typu ve Vestci u Prahy, provozovanou skupinou ČEZ. Místní fotovoltaická elektrárna má výkon 20 kWp a je na připojen bateriový systém s kapacitou 275 kWh. Při rychlém nabíjení (z 10 na 80 % kapacity baterie) jsou tři instalované nabíjecí stanice schopny nabít 7 elektromobilů i při výpadku sítě.[95]

Nabíjecí stanice v Las Vegas, otevřená v polovině roku 2019, je vize společnosti Tesla, jakým způsobem provozovat nabíjecí stanice. Stanice je vybavena bateriovým systémem Powerpack a solárním systémem na střeše stanice. Toto je podle Tesly cesta, jak snížit zatížení sítě. Tato stanice disponuje 15 Superchargery V2, ale především 24 nabíjecími stanicemi Supercharger V3.[73]

Stejným způsobem je vystavěna i nově otevřená nabíjecí stanice Tesly mezi Los Angeles a San Franciskem. Jedná se o v současné době největší nabíjecí stanici se Superchargery V3, čítající 56 stojanů o nabíjecích výkonech 250 kW. Jejich kapacita nabíjení je ovládána jednou nebo více skříněmi o výkonu 1 MW. [101] Je vybaven tenčím kabelem chlazeným kapalinou, na rozdíl od kabelu Superchargeru V2, který je chlazen vzduchem. V3 používá nabíjecí standard CCS. Výkon Superchargerů V3 by měl být schopný dodat za pět minut až 120 km dojezdu. Nové elektromobily Tesla navíc obsahují software, který po zadání nabíjecí stanice do navigace, začne zahřívat baterii pro dosažení ideální teploty pro nabíjení. To dokáže nabíjecí dobu zkrátit průměrně o 25 %. [41]

Nižší sazby za nabíjení

S dalším možným řešením problému přetížení sítě přišla společnost Tesla. Principem je snížení sazeb za odebranou energii v určitých časových intervalech. Sazby by byly až třetinové oproti standardu, pokud zákazníci nabíjeli před 9:00, nebo po 21:00. Toto řešení by mohlo být využitelné pro uživatele, kteří používají vozidla denně a na kratší vzdálenosti, například na cestu do práce a z práce. Zde by byla možnost čerpání energie za levnější sazbu ráno cestou do práce. [91]

5. NABÍJECÍ INFRASTRUKTURA V EVROPĚ

Plán Evropské unie je do roku 2030 snížit celkové emise o 60 %. Avšak tohoto cíle se dle zprávy společnosti Sandbag Climate Campaign CIC z 9. listopadu 2020 zřejmě nedosáhne, kvůli sedmi státům. Konkrétně to budou: Polsko, Česká republika, Bulharsko, Německo, Belgie, Rumunsko a Itálie. Dále odhadují, že až 40 % celkově vyrobené elektřiny v EU bude ze solárních nebo větrných zdrojů. [54]

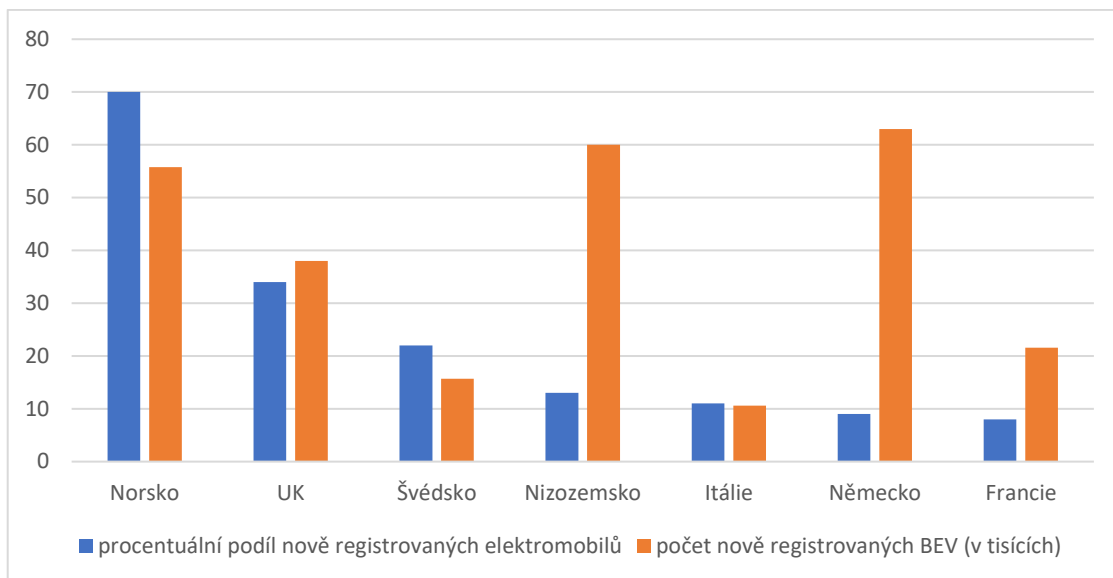
Státy, které se staví do čela rozvoje elektromobility v Evropě, si daly za cíl snížit uhlíkovou stopu z dopravy na 0 % už v letech 2030-2050. Proto se i Evropská komise chystá na změnu směrnic o infrastruktuře alternativních paliv. Důsledkem nových směrnic by měla být regulace veřejných nabíjecích stanic tak, aby jich byl dostatek a byly snadno přístupné. Tímto se snaží EU zatraktivnit elektromobily pro uživatele. [76]

Státy by měly vytvořit základní síť, která uspokojí nároky celého spektra uživatelů, od majitelů osobních automobilů po provozovatele logistické dopravy. Jelikož se v méně osídlených místech najdou lokality, které nebudou pro komerční využití lákavé a nezapojí se do jejich výstavby komerční společnosti, bude nutné, aby byla v těchto lokalitách zajištěna výstavba například distributory dané sítě za spolufinancování vlády. Jinak nebude nabíjecí síť dostatečně hustá.

Za prvních 6 měsíců roku 2020 byl celkový prodej elektrických vozidel zvýšen o 57 % a to i navzdory tomu, že celkový trh prodeje osobních automobilů poklesl o 37 %, kvůli pandemii Covid-19, kterou byly nejvíce zasaženy státy s největším odběrem vozidel (Spojené království, Itálie, Španělsko). [32] Za toto období se počet nově registrovaných elektromobilů v Evropě zvýšil na 10 % (z loňských 3 %). [54]

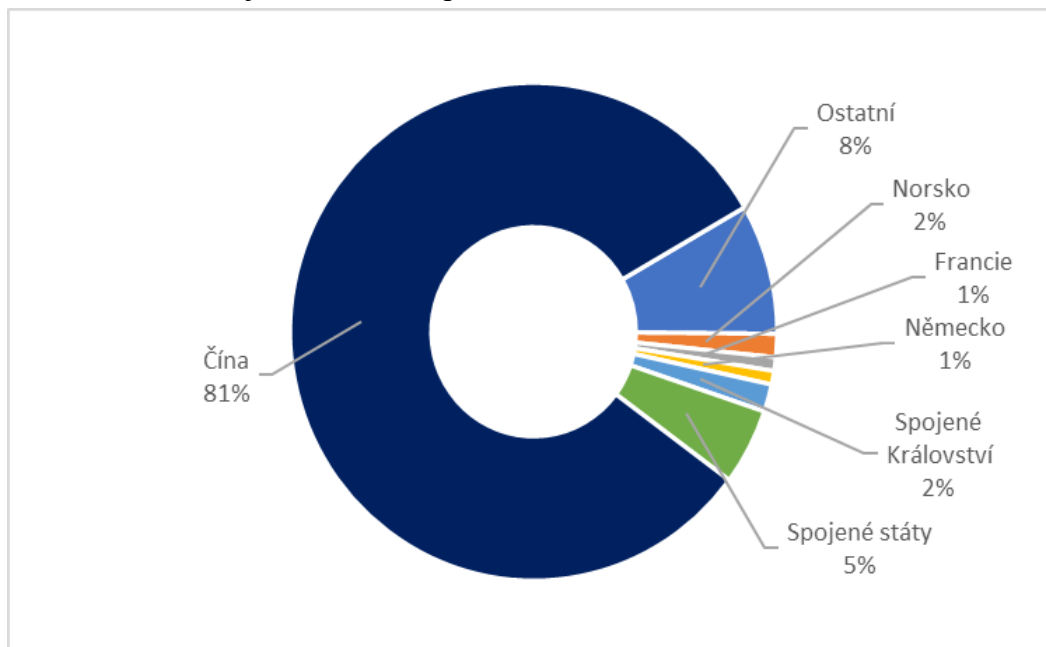
Ze statistik prodaných elektromobilů vyplývá, že elektromobily budou po uplynulých krizových měsících ještě více prodávány, zvláště pokud budou podporovány ze strany vlády.

V roce 2019 byl na evropských silnicích podíl elektromobilů 2,1 % a dalších 1,2 % hybridních plug-in vozidel. Obrázek 5.1, vytvořený na základě zprávy The International Council on Clean Transportation „European passenger car registrations: January-April 2020“ uvádí, že největší procentuální podíl nově registrovaných elektromobilů a plug-in hybridů se nachází v Norském Království, a to až 70 %. [28]



Obrázek 5.1 Procentuální podíl nově registrovaných BEV a plug-in hybridů ve vybraných státech [28]

Celkově bylo v Evropě vybudováno skoro 167 000 veřejných nabíjecích stanic v období od roku 2010 do července 2019. Obrázek 5.2, který mapuje počet veřejných rychlonabíjecích stanic, uvádí, že v roce 2019 byly zařazeny mezi státy s nejrozsáhlejší infrastrukturou nabíjecích stanic Norsko, Spojené království Německo a Francie. Ovšem v porovnání s Čínou se jednalo o malá procenta. [28]



Obrázek 5.2 Veřejně přístupné rychlonabíjecí stanice v roce 2019 [28]

5.1 Recharge EU

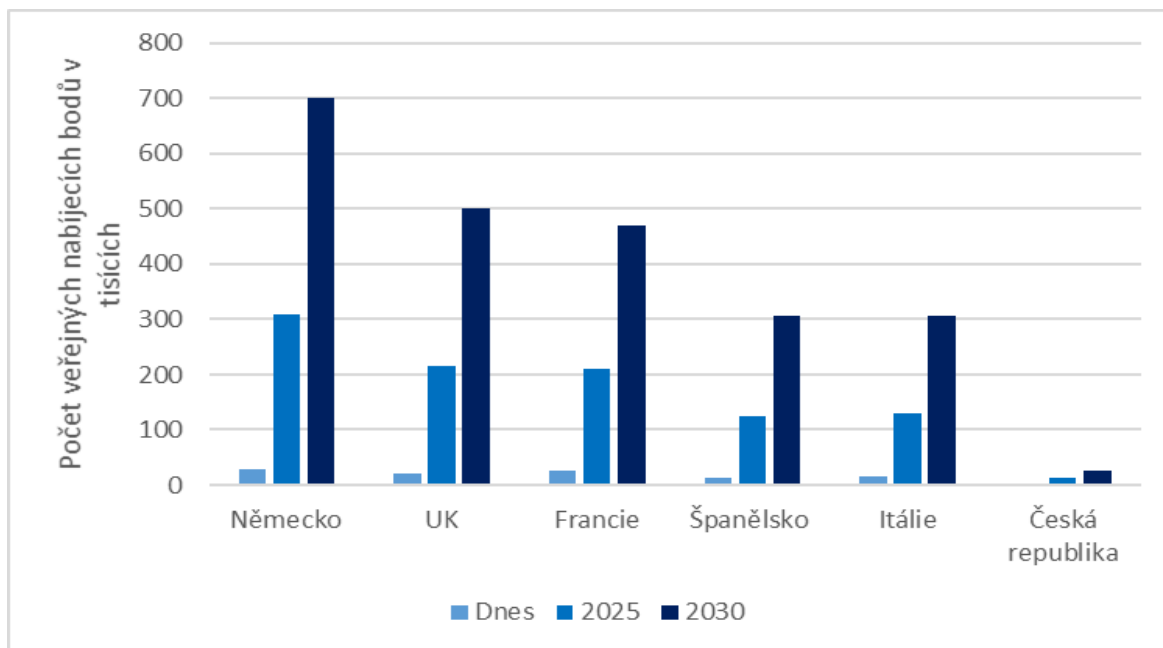
Na začátku loňského roku bylo v Evropské unii celkově v provozu zhruba 185 000 nabíjecích bodů veřejného charakteru na více než 1,3 milionu elektromobilů. Což je v přepočtu 7 e-aut na jeden nabíjecí bod. Ovšem podle projektu Recharge EU¹⁶ od Evropské federace pro dopravu a životní prostředí bude nutno vystavět dalších 1,1 milionu veřejných nabíjecích bodů do roku 2025 a do roku 2030 dokonce dalších 1,7 milionu. Tedy dohromady se plánuje vybudovat 3 miliony nabíjecích bodů po celé Evropě na 44 milionu aut na elektrický pohon (je tedy plánováno 15 elektromobilů na jeden nabíjecí bod veřejného charakteru). [76]

To by znamenalo náklady 1,8 miliard eur jen do roku 2025, což je jen 2,95 % ročních nákladů Evropské unie do infrastruktury silniční dopravy. Nejvíce nabíjecích bodů (Obrázek 5.3) má vyrůst v Německu (něco málo přes 700 000, což je 14krát více než současný stav), dále následuje Spojené království (500 000), Francie (470 000) a Španělsko a Itálie (obě 300 000). V České republice je plánováno 25 tisíc veřejných nabíjecích bodů. [76]

Podílem elektromobilů na veřejný nabíjecí bod je na tom v Evropě nejhůře Švédsko, s 10 elektromobily na jeden nabíjecí bod, následuje Belgie, Rakousko, Spojené království a Německo s Francií (obě 5 EV/ veřejný nabíjecí bod).¹⁷ Průměr států EU byl okolo 4,2 EV/ veřejný nabíjecí bod. [76] V České republice byl tento poměr na konci roku 2020 4,7 EV/veřejný nabíjecí bod. Tyto hodnoty jsou ovšem značně závislé na počtu elektromobilů v daném státě.[3]

¹⁶ Jedná se o pilotní program European Green Deal

¹⁷ Ve Švédsku bylo na konci roku 2019 okolo 90 000 EV (podíl BEV a PHEV na Švédském trhu byl k dubnu 2020 23 %). To je ovšem v porovnání s Německem zhruba polovina, kdy na konci roku 2019 bylo v Německu přes 200 000 EV a na konci roku 2020 již 560 569 EV (až z 52 % se jednalo o BEV).



Obrázek 5.3 Vývoj veřejných nabíjecích bodů ve vybraných státech EU [76]

5.1.1 Strategie Recharge EU

K dosažení cíle bude EU podnikat určité politické kroky. Ty jsou rozděleny do čtyř kategorií:

- Domov a práce:
 - připravení všech budov na nabíjení elektromobilů do roku 2035 (to zahrnuje i dostatečnou kabeláž budov),
 - dostupnost všech elektromobilů k nabíjecí síti,
- Komerční lokality:
 - jedno z pěti parkovacích míst musí být pro elektromobily,
- Nabíjecí centra v městech:
 - priorita nabíjení taxislužeb,
 - rychlonabíjecí body pro městský rozvoz zásilek,
- Síť městských silnic:
 - plně pokryta do roku 2025.

Dále navrhuje zavést Public Charging Supply: společnou metriku budování infrastruktury v členských státech. Dle ní, by se neměla nabíjecí síť počítat podle toho, kolik obsahuje jednotlivých nabíjecích bodů, ale kolik jsou schopny tyto body poskytnout energie a jaká je jejich dostupnost veřejnosti. [76]

Zaměřuje se také na kabelování budov jak obytných, tak pracovních. Prosazuje „Right to plug“, tedy právo se připojit. To zaručuje majitelům elektromobilů připojení nejdéle do tří kalendářních měsíců. Víze tohoto projektu je 20 % připojených budov do konce roku 2025 a celá polovina do konce roku 2030.

Dalším dílčím cílem je snížení počtu osobních automobilů ve městech. Toho by se mělo dosáhnout elektrifikací hromadné dopravy a rostoucím počtem elektrických taxislužeb a rozvozců zásilek. To bude vyžadovat určitou modernizaci rozvodné sítě. K tomuto by měly pomoci státní fondy, hlavně i fondy EU. [76]

Vedle projektu Recharge EU jsou známy i jiné převážně komerční soukromě budované sítě, na které odkazuje kapitola 5.2 a 5.3.

5.2 Nabíjecí síť Volkswagen Group – projekt Artemis

Koncern Volkswagen Group plánuje vytvoření vlastní rychlonabíjecí sítě. Ta má být z počátku dostupná pouze pro majitele elektromobilů Audi a po jisté době i pro elektromobily značky Porsche. O tom, zda k této síti bude mít přístup i flotila ostatních elektrických aut, zatím není rozhodnuto. Zákazníci si zde například budou moci rezervovat nabíjecí bod on-line v aplikaci.[4]

5.3 Vysokorychlostní nabíjecí síť Ionity

Společnost Ionity, která provozuje největší síť vysokorychlostních nabíjecích stanic v Evropě, získala nového akcionáře. Tím je koncern Hyundai Motor Group. Ta se tak přidala k projektu společností Volkswagen Group, Mercedes Benz AG, BMW Group, a Ford Motor Company, který byl vytvořen v roce 2017. Plánují zhuštění sítě podél významných evropských dálnic. Společnost Ionity využívá u svých stanic nabíjecího standardu CCS a jejich vysokorychlostní nabíjecí body, které jsou na jedné stanici průměrně čtyři, mají výkon až 350 kW. Všechna energie, která jejich nabíjecími stanicemi proteče, je plně z obnovitelných zdrojů.[35]

6. NORSKÉ KRÁLOVSTVÍ

Podle Národního dopravního plánu na roky 2018-2029¹⁸, si Norsko stanovuje cíl dosažení nulových emisí z nově registrovaných automobilů a lehký dodávek do roku 2025. Toto souvisí s růstem podílu elektromobilů na norském trhu.

6.1 Vývoj podílu elektromobilů na norském trhu (od roku 2014-2020)

Na začátku roku 2014 bylo v Norsku zaregistrováno 2 500 265 osobních automobilů, z nichž bylo 27 231 elektromobilů. Podle Národního dopravního plánu se toto zastoupení začalo markantně měnit. V březnu roku 2020 bylo již v Norsku registrováno 260 692 elektromobilů z celkového počtu 2 816 038 osobních automobilů. Podíl elektromobilů vzrostl od roku 2014 z 1,09 % na 9,26 %. [45] Tudíž sedm z deseti prodaných osobních automobilů v období od roku 2014 do 2020 byl elektromobil¹⁹. Z těchto čísel vyplývá, že každý jednadvacátý obyvatel Norska vlastní elektromobil. K růstu prodeje elektromobilů značně přispěla i norská vláda tím, že zavedla motivační programy pro uživatele elektromobilů, jako například snížení ceny nebo parkování zdarma na veřejných parkovištích.

6.2 Nabíjecí stanice v Norském království

Hlavním omezením pro vyšší prodeje elektromobilů je nedostatek nabíjecích stanic, které by byly vhodně rozmístěných po celém území Norska. NDP²⁰ udává, že bude za potřeby 8 000 nabíjecích stanic na odhadovaných 1,2 milionu elektromobilů. Podle zprávy vydané společností NAF²¹ na jaře 2019, bude zapotřebí 5 000 nových nabíjecích stanic, aby Norské království udrželo krok s růstem elektromobilů a bylo dosaženo požadovaného cíle 125 elektromobilů na jednu rychlonabíjecí stanici. [32] V roce 2019 bylo sice na jednu rychlonabíjecí stanici přibližně 114 elektromobilů, ale je za potřeby uvažovat, že přírůstek osobních elektromobilů se bude neustále zvětšovat a nebude konstantní.

Nárůst nabíjecích míst byl na začátku roku 2019 o 43 % větší než na začátku roku 2018. Během roku 2019 bylo vystavěno 713²² rychlonabíjecích stanic. V tomto čísle

¹⁸ Vydaného roku 2017 Ministerstvem dopravy a komunikací.

¹⁹ Jedná se o 74,39 procent všech prodaných osobních automobilů.

²⁰ Národního dopravního plánu na roky 2018-2029

²¹ Norges Automobil-Forbund = Norská automobilová federace

²² Jsou zde zahrnuty nabíjecí stanice, které jsou schopny dodávat 50 kW a více.

jsou také obsaženy superchargery²³ společnosti Tesla, jejichž počet vzrostl na 226 z původních 25.

Což podle NAF není dostatečně rychlý nárůst počtu nabíjecích bodů. Za pomalou výstavbu mohly vysoké ceny za elektřinu a obtížné síťování ve venkovských oblastech. Ve výroční zprávě, vydané za rok 2019, společnost NAF uvádí, že je za potřebí, změnit sazbu nabíjení z minutové na množství odebrané energie. Tedy se nebude platit za dobu, kterou je elektromobil nabíjen, ale za množství energie odebrané ze sítě. Tento krok by mohl pomoci k vyšší cenové dostupnosti nabíjení. Podle NAF Mobilitet Samferdselspolitisk Langtidsprogram 2020-2024 (dlouhodobý program dopravní politiky) je zapotřebí vybudovat několik velkých nabíjecích parků ve velkých městech i mimo ně.

Na začátku druhého kvartálu roku 2020 bylo již v provozu 14 843 veřejných nabíjecích stanic, většina z nich pouze se standartní rychlostí nabíjení. Konkrétně společnost Tesla má na norském trhu v provozu kolem 1700 rychlonabíjecích stanic.

V Norsku se k 12.1.2020 podle NOBIL statistik nachází 16 966 veřejných nabíjecích bodů, z nichž je 1 940 rychlonabíjecích stanic CHAdeMO, 2 329 rychlonabíjecích stanic CCS a 820 superchargerů Tesla. [46] Všechny tyto nabíjecí body jsou rozloženy na 890 rychlonabíjecích stanicích. [86] Více než 90 % se nachází v jižní části Norska. Konkrétně v okolí hlavního města Osla je zhruba 350 nabíjecích stanic, což je 40 % celkového počtu norských nabíjecích stanic. Provozovatelem s největším počtem nabíjecích i rychlonabíjecích stanic v Norsku je společnost Tesla Inc., dalšími vlivnými firmami na trhu jsou finská energetická firma FORTUM a firma Grønn kontakt. Další významnou firmou je státní podnik ENOVA SF. Ten se zabývá dopadem energetiky na životní prostředí, a tudíž i dopadem nabíjecích stanic.

6.3 Specifikace nabíjení v Norsku

V Norsku se používá, stejně jako ve zbylých státech v Evropě, konektor typu 2, který je určen pro síť 400 V.

V Norsku jsou dominantní 3 standardy nabíjení. Prvním je nabíjení domácí. Jedná se o pomalé nabíjení. To využívá zásuvku typu Schuko na 230 V. Je to nejnebezpečnější způsob nabíjení, jelikož nemá žádné ochranné parametry. Nabíjením ze zásuvky je dodáván výkon 2,3-3,6 kW a doba nabití se pohybuje mezi 6-12 hodinami. [45] V Norsku se také používají domácí nástěnné krabice o výkonu 3,6 kW. Dále se v Norsku používají již rozšířenější rychlé nabíjecí standardy CHAdeMO a CCS, které jsou i na některých nabíjecích stanicích kombinovány (vždy však lze použít jen jeden). Tyto stanice jsou označovány jako multi-standardní rychlonabíjecí stanice.

²³ Nabíjecí stanice, které jsou schopny dodávat přes 150 kW.

6.3.1 Ovlivnění nabíjení teplotou

Jedním ze zásadních faktorů, který skandinávskou zemi ovlivňuje daleko více než Českou republiku, je okolní teplota. Nejen, že při nízké okolní teplotě je potřeba elektromobil vytápět, což snižuje dojezd (v zimě i o 50 %) a řidič musí častěji stavět na nabíjení, ale teplota má i velký vliv na rychlost nabíjení. Čím nižší okolní teplota je, tím déle nabíjení trvá a při -10 °C se už jedná o odchylku v řádu desítek minut. Z těchto důvodů je potřeba zřídit v Norsku hustší síť nabíjecích stanic, než by tomu při stejném počtu elektromobilů bylo Česku.[45]

6.4 Zhodnocení norské elektromobility

I když z pohledu okolních států je na tom Norsko v počtu elektromobilů na počet obyvatel nejlépe, tak z jejich pohledu zaostávají za Národním dopravním plánem. Ať už se jedná o zastoupení bezemisních osobních automobilů na trhu, tak i o hustotu sítě nabíjecích stanic.

7. SPOLKOVÁ REPUBLIKA NĚMECKO

Rozvoj elektromobility v Německu je značně podporován ze strany německé vlády, kterou již bylo od roku 2009 vyčleněno přes 3 miliardy eur na vývoj a výzkum spojený s elektromobilitou. Dále je pak německou vládou podporována i výstavba veřejných nabíjecích bodů, a to částkou převyšující 300 milionů eur (200 milionů na rychlonabíjecí síť a 100 milionů na běžnou nabíjecí síť). Cílem německé vlády je mít do roku 2030 k dispozici jeden milion nabíjecích stanic a deset milionů bateriových elektromobilů. Během srpna roku 2020 činilo zastoupení nově registrovaných BEV mezi všemi automobily 6,4 % (přes 16 000 registrací) a u hybridních elektromobilů celkem 18 % (46 000 registrací). [21]

Německá vláda podporuje dotacemi i výstavbu nabíjecích stanic v malých i středních podnicích. Konkrétně při výstavbě nabíjecí stanice 3,7-22 kW má podnik nárok na dotaci až 4 000 eur, při instalaci DC nabíjecí stanice s nabíjecím výkonem 22-50 kW až 16 000 eur a za připojení nabíjecí stanice k síti vysokého napětí finanční plnění až 100 000 eur. [60]

Na konci roku 2019 se v Německu nacházelo přes 60 modelů elektromobilů od německých výrobců, které byly nabíjeny na více než 24 000 veřejných dobíjecích místech. Podle registru nabíjecích stanic BDEW se k 5.5. 2020 nacházelo v Německu 27 730 veřejných nabíjecích stanic. Celkem 14 % (necelých 3 900) ze všech veřejných nabíjecích stanic bylo rychlonabíjecích stanic. [21]

Během období od července do konce září 2020 byl inovační bonus spojený s nákupem hybridního automobilu, či elektromobilu využit celkem 70 213krát. Tento bonus činí například při nákupu elektromobilu do 40 000 eur až 9 000 eur. S pořízením čistě bateriového elektromobilu je v Německu také spojeno desetileté osvobození od daně z vozidla. [76]

V Německu dochází k velkému rozvoji nabíjecí infrastruktury na čerpacích stanicích na dálničních tazích. Například společností ARIAL (provozovatel benzínových čerpacích stanic) bylo ve spolupráci se společností Siemens Smart Infrastructure vybudováno 100 rychlých nabíjecích stanic o nabíjecím výkonu 350 kW na 30 čerpacích stanicích podél dálničních tepen.[6]

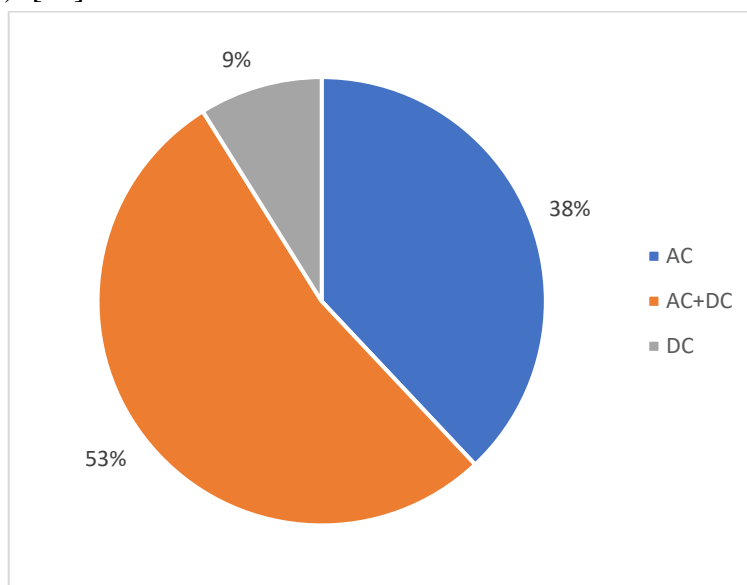
Rozvoj elektromobility proniká i do německé hromadné dopravy. V hlavním městě Německé spolkové republiky, Berlíně, je od konce roku 2020 v provozu již 123 elektrických autobusů. Nejvíce (90) jsou v této flotile zastoupeny elektrické autobusy Urbino 12 od polské společnosti Solaris. Jedná se o dvanácti metrová vozidla s kapacitou baterie 300 kWh, které umožňují přepravu až 65 cestujících.[8]

Přechod na bezemisní hromadnou dopravu je podporován i hlavním městem Bavorska, Mnichovem. V Mnichově byla nahrazena celá autobusová linka čistě elektrickými elektrobusey Ebusco. Jedná se o začlenění 8 dvanácti metrových autobusů Ebusco2.2 s dojezdem do 300 km. [47]

8. ČESKÁ REPUBLIKA

Kvůli vysokým ambicím EU ohledně regulace uhlíkové stopy musí Česká republika zásadně podpořit veřejnou dobíjecí infrastrukturu. Nachází se totiž až na 21. místě v odbytu BEV v Evropě. Na českých silnicích jezdilo na začátku roku 2021 podle dat ASEP²⁴ 7 111 EV. To je způsobeno malou kupní silou²⁵ obyvatel České republiky a nízkým rozsahem motivačních opatření daných státem, jako například bonusem za nákup EV, který je běžný v jiných státech EU. [18]

K lednu 2020 bylo v provozu v ČR zhruba 750 dobíjecích bodů na 450 dobíjecích stanicích. Až 250 těchto dobíjecích stanic bylo k dispozici na dálničních silnicích nebo v jejich blízkosti. [18] Na konci roku 2020 již bylo v České republice instalováno celkem 1 516 nabíjecích bodů na 734 dobíjecích stanicích, kdy 576 bodů bylo určeno pouze k AC nabíjení, 135 pouze k DC nabíjení a 805 bodů disponovalo AC i DC nabíjením (viz. Obrázek 8.1). [69]

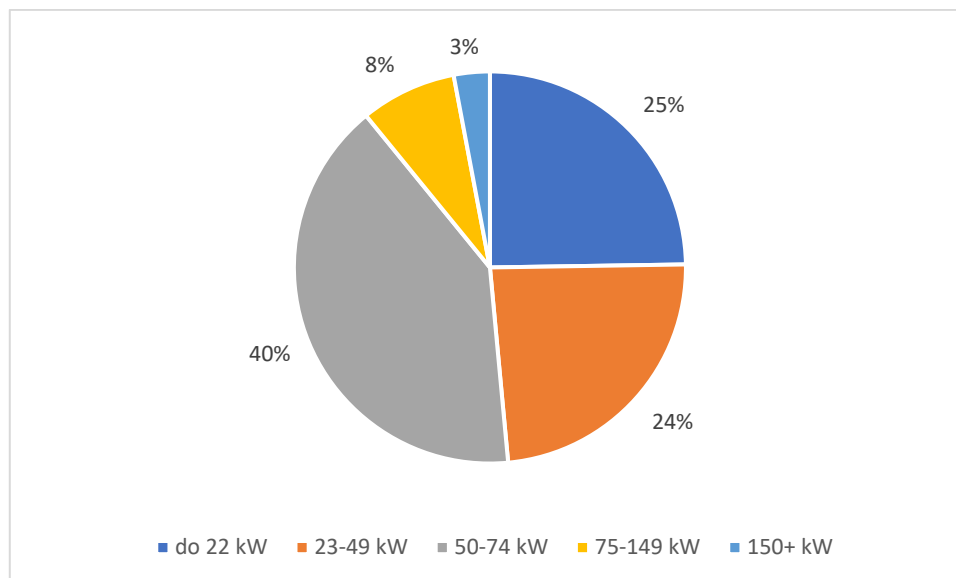


Obrázek 8.1 Zastoupení nabíjecích bodů v ČR dle typu nabíjení na konci roku 2020 [69]

Obrázek 8.2 udává rozložení maximálních nabíjecích výkonů na oficiálních nabíjecích stanicích v České republice ke konci roku 2020. Nabíjecích stanic o maximálním nabíjecím výkonu do 22 kW bylo instalováno 182, 23-49 kW 176, 50-74 kW 298, 75-149 kW 57, 150+ kW 21 nabíjecích stanic. [69]

²⁴ Asociace elektromobilového průmyslu

²⁵ To by se ovšem mohlo změnit snížením ceny baterií EV, které tvoří až 40 % pořizovací ceny.



Obrázek 8.2 Rozložení maximálních nabíjecích výkonů na nabíjecích stanicích instalovaných v ČR ke konci roku 2020 [69]

Nejvíce nabíjecích stanic bylo provozováno společnostmi ČEZ (35 %), dále PRE (26 %) a E.ON (10 %). Stejné pořadí bylo platné i pro provoz výhradně rychlonabíjecích stanic: ČEZ (195 stanic), PRE (69), E.ON (51) a MOL (22). [3]

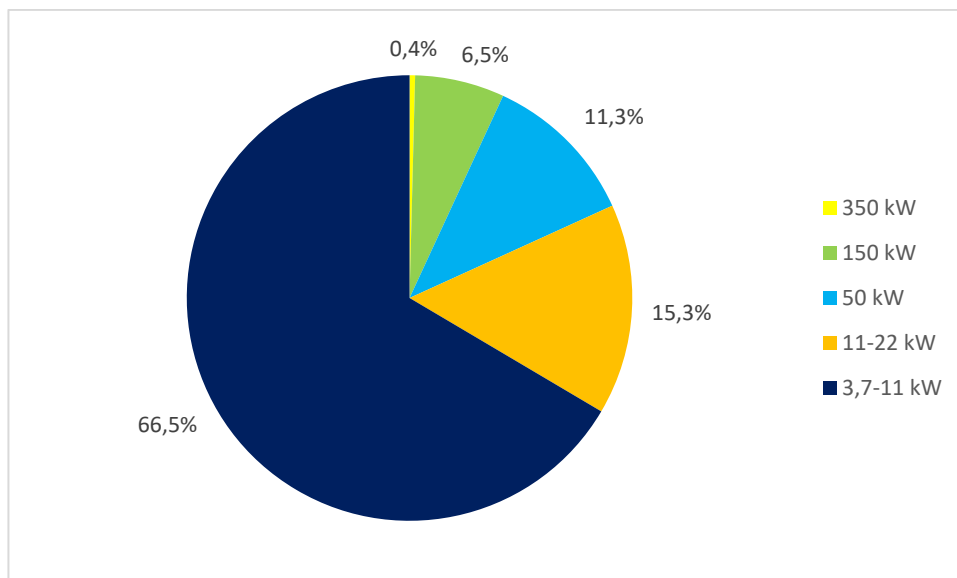
Podíl EV (včetně plug-in hybridů) na českém trhu tak v roce 2019 byl pouze 0,4 %, tedy o 1,6 % za evropským průměrem. Důležité bude i sjednocení povolovacích procesů pro rychlejší výstavbu nabíjecích stanic a jejich rozvoj. Podle programu Ministerstva dopravy mělo být na začátku roku 2020 v České republice k dispozici 1 300 nabíjecích míst. Reálné číslo je ve skutečnosti skoro o 800 míst menší. Z tohoto důvodu bude potřeba vybudovat 3 000 nabíjecích míst do roku 2025 a až přes 20 000 do roku 2030. [9]

Této otázce byla věnovaná pozornost v rámci Aktualizace Národního akčního plánu čisté mobility (NAP CM) 2019. Podle cíle NAP CM 2019 by mělo být v roce 2030 k dispozici 19 000 – 35 000 dobíjecích stanic²⁶, aby infrastruktura dokázala pokrýt nároky 220 000 - 500 000²⁷ elektromobilů a 800 – 1 200²⁸ EV busů, které budou na českých silnicích jezdit právě do roku 2030. [1]

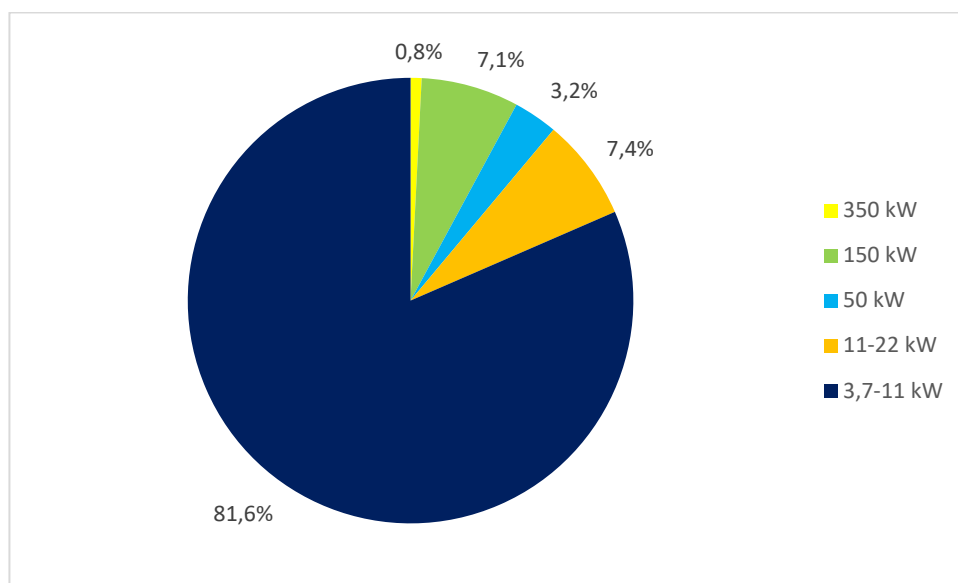
²⁶ Jejichž výkon by se měl pohybovat v rozmezí 1 000 – 1 500 GWh/rok podle nízkého scénáře a ve vysokém scénáři by to mělo být až 2 000 – 3 000 GWh/rok.

²⁷ Tento počet EV by vedl k úspoře emisí NO_x 189–521 t/rok

²⁸ Tento počet EV busů by vedl k úspoře emisí NO_x 7–14 t/rok



Obrázek 8.3 Procentuální zastoupení různých nabíjecích výkonů nabíjecích stanic v roce 2025 [1]



Obrázek 8.4 Procentuální zastoupení různých nabíjecích výkonů nabíjecích stanic v roce 2030 [1]

Obrázek 8.3 a Obrázek 8.4 udávají, že největší nárůst počtu nabíjecích stanic bude zaregistrován ve výkonech pomalého nabíjení 3,7-11 kW. Bude se tedy nejspíše jednat o AC nabíjecí stanice a wallboxy. Dále je z grafů patrné, že se budou rozvíjet nabíjecí stanice s výkony 150 kW a výš na úkor výkonům 11-50 kW. Z toho se dá vyvodit, že na veřejných nabíjecích stanicích v ČR, bude stejně jako v ostatních státech Evropy, dojde k rozvoji rychlých a superrychlých nabíjecích stanic. Ovšem postupem času dochází k stále většímu technologickému pokroku, a proto je už teď jisté, že tyto grafy

jsou pouze orientační, protože zde například chybí rychlonabíjecích stanic s výkony nad 350 kW, které budou do 2030 nejspíše instalovány i v České republice.

V současné době se v České republice nachází celkem 8 rychlonabíjecích stanic s maximálním nabíjecím výkonem 350 kW na třech lokalitách. První lokalita je na čerpací stanici OMV na dálnici D5 na osmnáctém kilometru na Prahu, kde jsou instalovány čtyři nabíjecí stanice IONITY každá s výkonem 350 kW (500 A) na konektoru CCS. Dvě nabíjecí stanice IONITY o stejném výkonu 350 kW se nachází na čerpací stanici Shell na dálnici D1, Nupaky. Poslední dvě nabíjecí stanice IONITY instalované v České republice jsou na čerpací stanici OMV na dálnici D1, Pávov. [49]

Ministerstvem dopravy bylo na konci srpna 2020 vyhlášené výběrové řízení v rámci dotačního programu Operační program Doprava (OPD). Cílem je rozvoj doplňkové sítě dobíjecích stanic. Navazuje tak na předešlou výzvu OPD na rozvoj základní infrastruktury. Návrhy na nabíjecí stanice nově mohl obsahovat i nabíjecí body s výkonem vyšším než 22 kW, avšak cenový limit na instalaci stanice byl stanoven na 300 000 Kč. Cíl těchto výzev je vybudování minimálního počtu 800 dobíjecích stanic do konce roku 2023, v rámci rozvoje doplňkové sítě. Celkově je na dobíjecí stanice vyčleněno 1,2 mld Kč, které plynou z evropských fondů. [53]

Přestože v České republice v současné době neexistují podpůrné programy ke koupi elektromobilů, jako například v Německu, při porovnání pořizovacích cen za benzínový automobil a elektromobil a ceny pohonných hmot, lze usoudit, že při najetí 500 000 km a více se elektromobil jeví finančně výhodněji. (viz. Tabulka 8.1)

Tabulka 8.1 Náklady na provoz benzínového auta a elektromobilu²⁹ [12]

Typ vozidla	Pořizovací cena	Náklady na palivo na 500 000 km	Celkové náklady
Benzínové	230 000 Kč	800 000 Kč	1 030 000 Kč
Elektromobil	600 000 Kč	250 000 Kč	850 000 Kč

8.1 Strategie vývoje sítě nabíjecích stanic v České republice

8.1.1 Podpora elektromobility

V České republice již došlo k patřičným kroků ke zvýhodnění elektromobilů na trhu. Silniční daň není účtována podnikatelům využívajícím EV a uživatelé EV jsou osvobozeni od dálničních poplatků. [100] V rámci programu Doprava dochází k podpoře růstu veřejné páteřní dobíjecí infrastruktury a v rámci Operační program Podnikání

²⁹ Všechny uvedené hodnoty jsou převzaty ze zdroje [12], tudíž se nedá přesně stanovit na základě jakých parametrů byly hodnoty počítány.

a inovace pro konkurenceschopnost je rozvíjena neveřejná síť nabíjecích stanic (na pracovištích). V období let 2021-2027 by veřejná nabíjecí síť měla být podpořena i v Integrovaném regionálním operačním programu. [53]

8.1.2 Běžné dobíjecí stanice

Označením běžná dobíjecí stanice je v České republice vedena taková stanice, jejíž výkon je 22 kW a méně. Výjimkou jsou zařízení o výkonu 3,7 kW, jež jsou používány jako domácí nabíjecí stanice. Dle ustanovení § 48a odst. 1 vyhlášky č. 268/2009 Sb., jsou povinnou výbavou běžné nabíjecí stanice na střídavý proud vozidlové zásuvky s přípojkami s dvěma dutinkami a jedním kolíkem dle normy ČSN EN 62196-2 Vidlice, zásuvky, vozidlová zásuvková spojení a vozidlové přívodky. [17]

8.1.3 Rychlodobíjecí stanice

Jedná se o stanice s nabíjecím výkonem vyšším než 22 kW. Dle ustanovení § 48a odst. 2 vyhlášky platí pro rychlonabíjecí stanice stejná norma pro vozidlové zásuvky, jako pro běžné stanice. Dále však musí, dle ustanovení § 48a odst. 3 vyhlášky, obsahovat zásuvky s přípojkami pro kombinované nabíjení typu Combo 2, dle normy s ČSN EN 62196-3 Vidlice, zásuvky, vozidlová zásuvková spojení a vozidlové přívodky. [17]

8.1.4 Legislativa nabíjecích stanic v ČR

Stavba nabíjecích stanic se dá dělit do dvou skupin: dobíjecí stanice zastřešená a bez zastřešení. Pokud je nabíjecí stanice zastřešená a obsahuje více nabíjecích stojanů, jedná se dle stavebního zákona o stavbu. Na druhou stranu, pokud se jedná o nabíjecí stanici s jedním nebo více stojany bez zastřešení, považuje se tento objekt, z pohledu stavebního zákona, za výrobek plnící funkci stavby.

Dle stavebního zákona (§ 79 odst. 2) je ke stavbě dobíjecí stanice nutné územní rozhodnutí o umístění stavby, nebo veřejnoprávní smlouva (stavební zákon § 78a).

Pokud se jedná o stavbu, tedy zastřešenou soustavu, v zastavěné ploše a nemění se územní poměry ani nárok na tamní infrastrukturu (dopravní a technickou), stačí k výstavbě pouze územní souhlas (dle ustanovení stavebního zákona § 96). Jedná se o stavby o zastavěné ploše do 25 m² a do 5 m výšky, nebo do 70 m² a do 5 m výšky. Územní souhlas by tedy stačil v případech stavby osamocených nabíjecích bodů, které by nebyly tak výkonné a neměnily by nároky na infrastrukturu.

Jedná-li se o výrobek plnící funkci stavby, bude k realizaci požadováno územní rozhodnutí, nebo územní souhlas (§ 96 odst. 1 a 2 stavebního zákona). Pokud se jedná o nezastřešenou dobíjecí stanici s jedním stojanem (včetně základových konstrukcí), dle ustanovení § 103 odst. 1 písm. e) bod 16. stavebního zákona, není požadováno stavební povolení, ani ohlášení stavebnímu úřadu. Dle ustanovení § 86 odst. 2 písm. e) stavebního zákona, lze výkresovou část dokumentace nahradit technickou dokumentací dovoze, nebo výrobce.

Výrobek podle zákona č. 22/1997 Sb., tedy samostatný nabíjecí bod, není zahrnut do stavebního zákona, jelikož neplní funkci stavby. K jeho instalaci tedy není požadováno stavební, či územní řízení. [17]

Problémem EV označovaných jako služební je ten, že zaměstnanec si automobil musí nabíjet z jiné sítě než firemní, pokud není dostupná nabíjecí stanice na pracovišti a proplácení načerpané energie se tak stává složitějším, obzvláště pokud čerpá z domácí nabíjecí stanice. Fakturace za energii totiž neprobíhají většinou na měsíční bázi. Navíc je cena energie složena z více proměnných, z nichž některé jsou bez ohledu na spotřebu fixní. Proto ve spolupráci Svazu průmyslu, Energetického regulačního úřadu a Ministerstva průmyslu a obchodu vznikla vyhláška MPSV č. 358/2019 Sb., platná od 18.12.2019. Tato vyhláška obsahuje novou průměrnou sazbu za pohonné hmoty a v § 158 odst. 3. věty třetí zákoníku práce se stanovuje průměrná cena za 1 kWh, která činí 4,80 Kč. Cílem tohoto kroku je maximální usnadnění zaměstnavateli s administrativou faktur od zaměstnanců.

Z hlediska české legislativy neexistuje přesná interpretace wallboxů. Ty mohou být rozděleny až do 3 kategorií:

- součást nemovitosti (pokud je wallbox pevně připojen na rozvaděč),
- příslušenství vozidla (tedy je součástí nákupní ceny vozidla),
- samostatná věc (pokud je wallbox přenosný, tedy připojen jen zásuvkou a volně k nemovitosti).

Výstavba nových smart wallboxů je financována Národním programem Životního prostředí. [17]

8.2 Provozovatelé nabíjecích stanic v České republice

V České republice patří mezi největší provozovatele nabíjecích stanic energetické společnosti a distributoři elektrické energie Pražská energetika, ČEZ a E.ON energie.

8.2.1 Pražská energetika

Pražská energetika (PRE) ve spojení s OMV plánují do konce roku 2021 vystavět 60 rychlonabíjecích stanic (PREpoint), které se budou nacházet na vybraných čerpacích stanicích OMV. [67] U přesné poloviny PREpointů bude dostupné nabíjení o výkonu 75 kW, s možným budoucím nárůstem na 150 kW, a zbylá polovina nabídne nabíjení 50 kW. Nabíjecí stanice o výkonu 75 kW, zvané HyperCharger umožní dobíjení standardy CHAdeMO, Mennekes-Type 2 a CCS2. [74]



Obrázek 8.5 Hypercharger na nabíjecí stanici PREpoint [80]

PRE není ve spolupráci pouze se společností OMV, ale spolu s dalšími firmami (ČEPRO, Benzina a Penny Market) realizuje projekty na vybudování 65 rychlonabíjecích stanic v ČR. V současné době je nabíjecí síť PRE téměř výhradně rozšířena v Praze. To je do značné míry výhoda (počet EV v Praze), na druhou stranu výstavba nabíjecí stanice v Praze trvá zhruba rok, kdežto mimo Prahu jen 4 měsíce. [67]

V Praze u Holešovického výstaviště byla nabíjecí stanice PRE, vybavená jak solárními panely, tak bateriovým systémem, obohacena o nabíjecí stanice s výkonem až 300 kW. (Obrázek 8.5)

V roce 2019 se zvýšila návštěvnost dobíjecích stanic PRE dvojnásobně, což vedlo ke zvýšení energie spotřebované na dobíjení EV na 210 MWh. [55] V roce 2018 se v České republice, stejně jako v Německu, využilo 9 % energie z obnovitelných zdrojů v dopravním sektoru. Celková spotřeba energie v dopravě rostla, podle Souhrnné energetické bilance ČR, v období 2013-2017 s nárůstem 2,55 TWh/rok.[71]

8.2.2 ČEZ

Za prvních devět měsíců roku 2020 bylo na nabíjecích stanicích ČEZ načerpáno 2,04 GWh energie z obnovitelných zdrojů. Což je oproti roku 2019 nárůst o 53 %. To je způsobeno tím, že ČEZ provozuje největší dobíjecí síť v České republice, a to přes 240 nabíjecích stanic, z nichž 180 jsou rychlonabíjecí stanice. Až 91 % celkové energie bylo odebráno na nabíjecích stanicích od společnosti ABB (50 kW). Nejvíce energie bylo načerpáno v Praze a v Olomouci. Zvedl se celkově i počet návštěv elektromobilů u dobíjecích stanic z 106 621 na 143 127. Jedná se tedy o 35,3 % nárůst oproti roku 2019. Řidiči bylo v průměru načerpáno 14,2 kWh, o 1,7 kWh více energie než v roce 2019. [59] ČEZ dále plánuje ve spolupráci se společností Shell Czech Republic a.s. dvě vlny budování rychlonabíjecích stanic na čerpacích stanicích Shell. Během první vlny

se zprovozní 10 rychlonabíjecích míst, z nichž jedno již je v provozu a nachází se na Gočárově okruhu v Hradci Králové. Tyto stanice budou vybaveny rychlonabíjecími stanicemi ABB s výkony až 50 kW. [15]

8.2.3 E.ON energie

Nabíjecí infrastruktura společnosti E.ON se rozroste o 60 rychlonabíjecích stanic Compact Power Charger 50 kW (CPC) od Siemens Smart Infrastructure. VW E-Golf SE 2020 je při napojení na CPC nabit za 34 minut z 0 na 80 %. CPC budou vybudovány do konce roku 2022 v rámci projektu OPD. [83]

8.3 Porovnání s ostatními státy

Z kapitol 6, 7 a 8 vyplývá, že elektromobility je v současné době jedním z největších trendů v oblasti mobility. To dokládají rostoucí podíly nově registrovaných elektromobilů ve zmíněných státech a s tím související rozvoj nabíjecí infrastruktury.

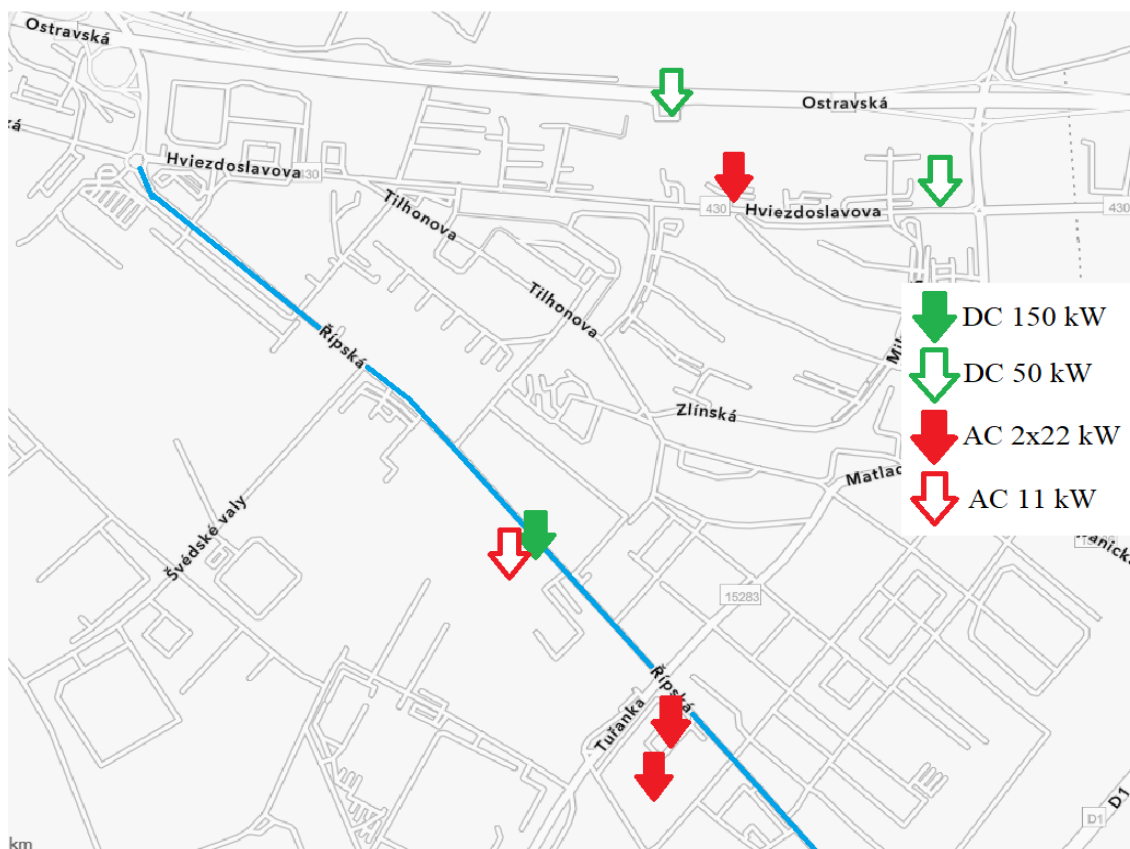
Je patrné, že Česká republika za ostatními jmenovanými státy zaostává v počtu registrovaných elektromobilů i v počtu veřejných nabíjecích stanic (AC i DC). Naopak ze zmíněných zemí nejlépe v počtu nových registrací elektromobilů na trhu vychází Norské království. To je zapříčiněno vyšším počtem automobilů na německých silnicích, tudíž poměr elektromobilů na trhu není tak velký.

Avšak při porovnání veřejných nabíjecích bodů v Norském království a ve Spolkové republice Německo je zřejmé, že německá nabíjecí infrastruktura čítá o téměř 10 000 veřejných nabíjecích bodů více. Dále je zřejmé, že německá nabíjecí infrastruktura je zaměřena na rychlé nabíjecí stanice, které zastupují celkem 14 % ze všech veřejných nabíjecích bodů.

Lepší podmínky pro rozvoj elektromobility v Norském království a Spolkové republice Německo jsou také ovlivněny finančními pobídkami ze strany tamních vlád. Například v Německu existují podpůrné finanční programy hradící až 9 000 eur při nákupu elektromobilu, 16 000 eur při nákupu AC nabíjecí stanice 22-50 kW a 100 000 eur při instalaci stanice napojené na síť vysokého napětí.

9. SOUČASNÝ STAV LOKALITY

Pro analýzu byla zvolena oblast nacházející se v Brně. Jedná se o ulici Řípská, městská část Slatina. Obrázek 9.1 znázorňuje vybranou oblast na mapě spolu se zaznačením již instalovaných nabíjecích stanic³⁰. Tato oblast byla vybrána společností EG.D, s ohledem na vysoký předpokládaný nárůst nabíjecích stanic, jelikož se oblast nachází na okraji města v blízkosti dálnice a jedná se o oblast disponující zajímavými komerčními i průmyslovými odběry. Transformátory, na kterých bude simulována instalace nových nabíjecích stanic, budou rozděleny do 4 oblastí (viz. Obrázek 9.2) pro bližší specifikaci.³¹ Do těchto 4 oblastí není obsažena celá oblast ulice Řípské, ale pouze oblasti, ve kterých se nachází transformátory, které budou využity na připojení nabíjecích stanic.



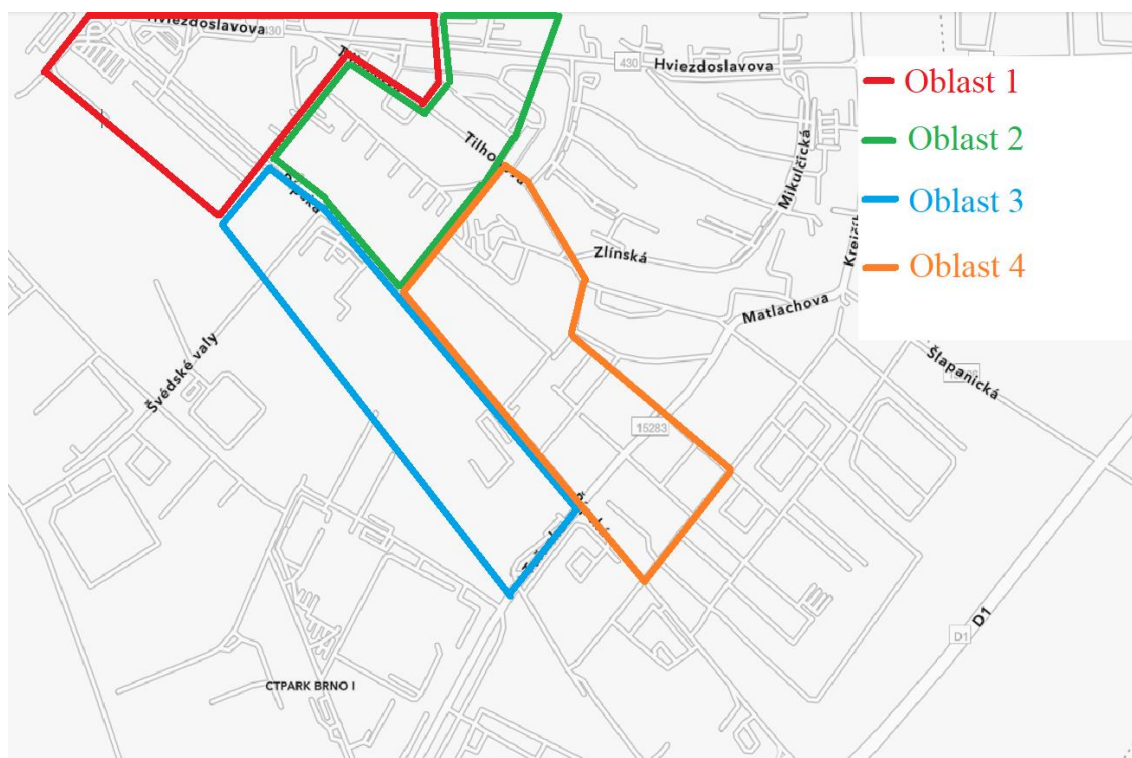
Obrázek 9.1 Mapa ulice Řípská v Brně [50]

³⁰ Dvě nabíjecí stanice, které jsou dále zahrnuty do následná tvorby scénářů se na mapě nenachází z důvodu vyšší přehlednosti mapy. Jedná se o nabíjecí stanice 50 kW a 2x22 kW.

³¹ Jelikož se nejedná o oficiální studii a společností EG.D, s jejíž spoluprací byla analýza řešena, nebyly uvolněny vybrané údaje k publikaci, nejsou přesné polohy uvažovaných transformátorů blíže upřesněny.

Ve vybrané lokalitě se nachází obchodní středisko obsahující prodejny: OKAY, Kaufland, Orion, Pet center, DM, Deichmann, Takko, Dráčík a Sportisimo (všechny oblast 1). Přes silnici se nachází obchod s potravinami Lidl (oblast 1). Dále se na ulici Řípská nachází prodejny automobilového průmyslu: Auto Palace Brno (oblast 2), Porsche Inter Auto, Renocar (oblast 3) a Volvo Truck Center (oblast 4). Dále se zde nachází výrobní haly firem zaměřených na průmyslové odvětví (převážně oblasti 2, 3, 4). [34] Vlivem existence zmíněných objektů ve vybrané lokalitě lze očekávat vyšší koncentraci osobních i nákladních automobilů, a to pro kratší i delší časové intervaly.

Elektrizační síť této oblasti je převážně řešena silovým kabelem 22-AXEKVCEY 1x240/25. Jedná se o zemní kabel s XLPE izolací a PE pláštěm určený pro jmenovité napětí 12,7/22 kV, jehož maximální odpor jádra je 0,125 Ω /km a proudová zatížitelnost v zemi je 417 A. [108] Další vlastností vybrané ulice je napájení oblasti, které řešeno jedním kabelovým vedením. V oblasti vedení se nachází 52 transformátorů. Oblast je napájena z transformovny 110/22 kV a disponuje jedním transformátorem 25 MVA a jedním 40 MVA. Data s hodnotami instalovaných výkonů transformátorů a délek a typů vedení byly poskytnuty společností EG.D.



Obrázek 9.2 Rozložení zón transformátorů ve vybrané lokalitě

Oblast 1 zahrnuje nákupní středisko a tři potravinové řetězce, dvě čerpací stanice a bytovou jednotku s parkovištěm okolo 280 parkovacích míst. V Oblasti 2 se nachází prodejna automobilů a komerční odběry. Oblast 3 zahrnuje průmyslové odběry, komerční

odběry a prodejnu automobilů. V oblasti 4 se nachází servisní středisko nákladních automobilů a další komerční odběry.

9.1 Současný stav nabíjecích stanic ve vybrané lokalitě

Ve vybrané oblasti se v současné době nachází tři pomalé střídavé dobíjecí stanice jedna s výkonem AC 11 kW, dvě s výkonem AC 2x22 kW. Je zde instalována jedna rychlodobíjecí stanice DC, která disponuje 50 kW při připojení konektorem CHAdeMO, a 150 kW při připojení přes konektor CCS2 i AC dobíjením o výkonu 22 kW. V oblasti napájené ze stejné rozvodny se dále nachází 3 DC nabíjecí stanice s výkony 50 kW (s konektory CCS2 i CHAdeMO), které jsou vybaveny i AC nabíjením 22 kW přes konektor Mennekes Type-2 a dvě nabíjecí stanice AC 2x22 kW. Zhodnocení stávající infrastruktury nabíjecích stanic v této lokalitě proběhlo pomocí mapy nabíjecích stanic fDrive.cz.[49]

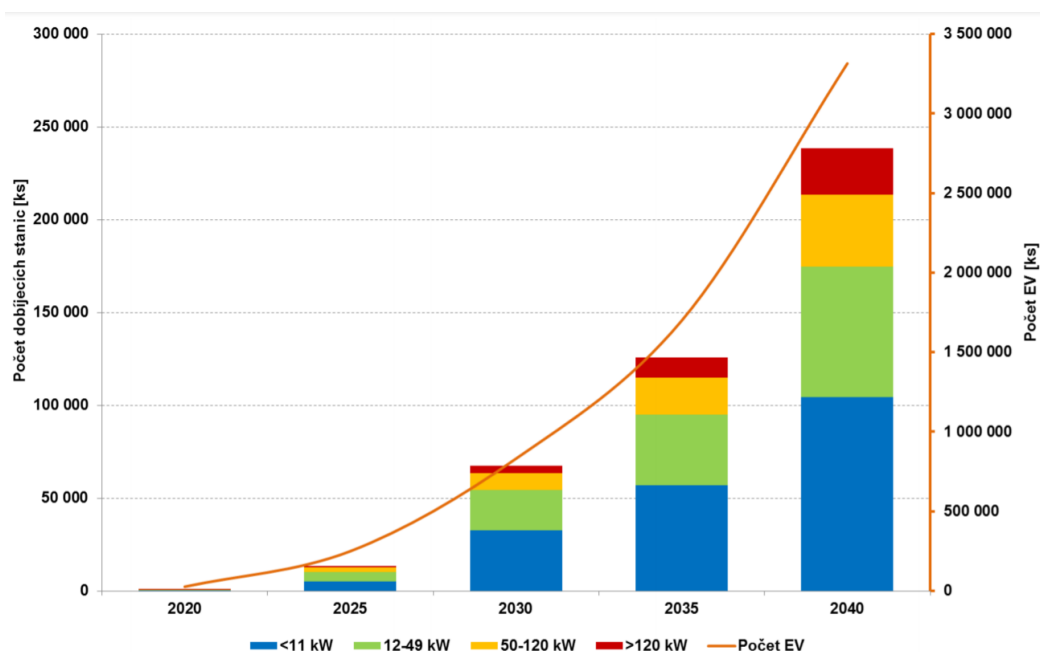
10. SCÉNÁŘE ROZVOJE NABÍJECÍCH STANIC

V bakalářské práci jsou vyhotoveny tři scénáře rozvoje nabíjecích stanic. První scénář je založen na plánovaném rozvoji elektromobility na základě NAP CM 2019. Druhý scénář byl stanoven z dotazníkového šetření firem ve vybrané oblasti, mimo vybranou oblast v Brně a firem distribuujících EV do České republiky. Třetí scénář je založen na metaanalýze bakalářských a diplomových prací zaměřených, nebo se dotýkajících, problematiky rozvoje nabíjecí infrastruktury a jejich dopadů na distribuční síť. Část prací byla zadávána externími zadavateli, nejedná se tedy o čistě akademicky zadané práce.

10.1 Scénář rozvoje NS podle NAP CM 2019

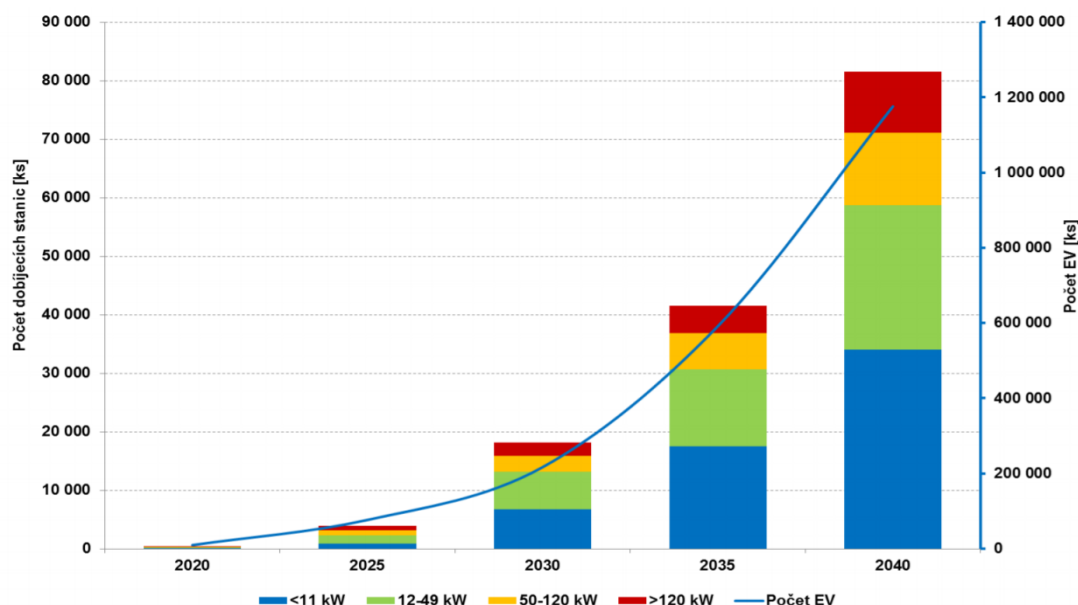
Podle cíle NAP CM 2019 by mělo být v roce 2030 k dispozici 19 000-35 000 dobíjecích stanic, aby infrastruktura dokázala pokrýt nároky 220 000-500 000 elektromobilů a 800-1 200 elektrobusů, které by měly na českých silnicích dle NAP jezdit do roku 2030. [1]

Při uvažování vysokého scénáře rozvoje elektromobility v České republice pro všechny segmenty dopravy lze očekávat potřebu 67 475 nabíjecích bodů. Konkrétně by se jednalo o 32 574 nabíjecích bodů s výkonem menším než 11 kW, 21 668 bodů s výkony 12-49 kW, 9 306 bodů 50-120 kW a 3 927 bodů s výkonem nad 120 kW. (viz. Obrázek 10.1) Pro brněnskou oblast by se mělo jednat o 2 192 nabíjecích bodů. [69]



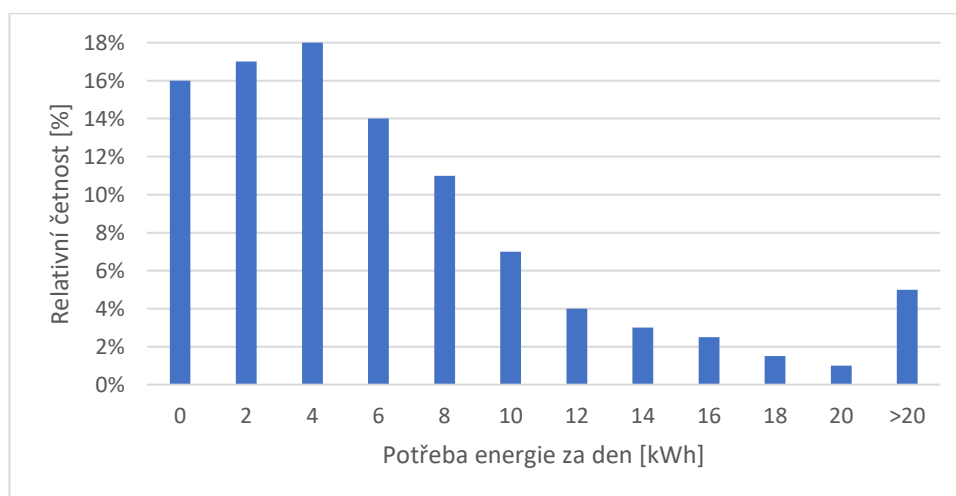
Obrázek 10.1 Očekávaná spotřeba nabíjecích bodů dle vysokého scénáře rozvoje elektromobility [69]

Střední scénář zahrnuje do roku 2030 instalaci 18 143 dobíjecích míst. Nejvíce nabíjecích bodů je odhadováno s výkony pod 11 kW (6 788 bodů), dále výkony 12-49 kW (6354 bodů), 50-120 kW (2 705 bodů) a výkony nad 120 kW (2 296 bodů). (viz. Obrázek 10.2) V Brně by se podle středního scénáře mělo v roce 2030 nacházet 618 nabíjecích bodů. [69]

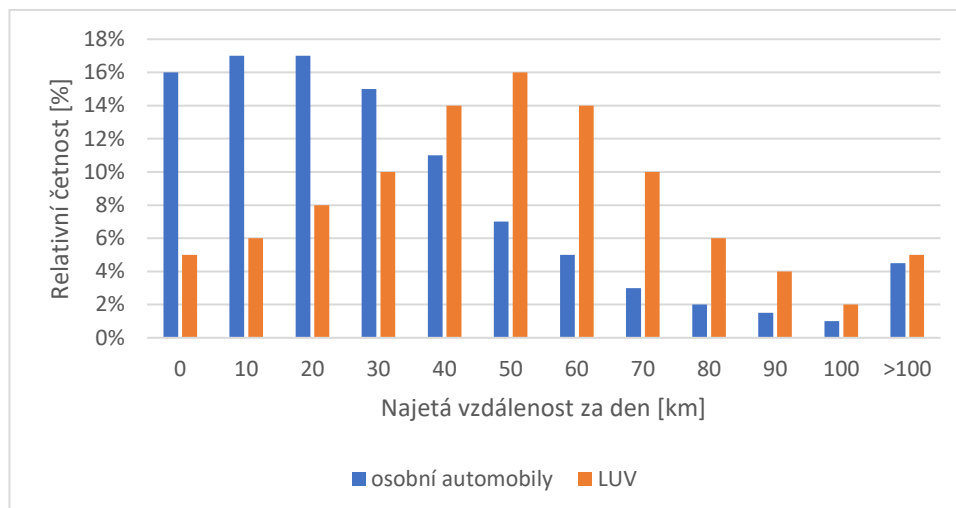


Obrázek 10.2 Očekávaná spotřeba nabíjecích bodů dle středního scénáře rozvoje elektromobility [69]

Z dílčí studie NAP CM dále vyplývá, že nejčastější denní potřeba energie na nabíjení se pohybuje mezi 2-8 kWh, a naopak spotřeba nad 20 kWh denně nastane pouze u 5 %. (viz. Obrázek 10.3). Průměrná najetá denní vzdálenost činí 32 km pro osobní automobily a 50 km pro lehká užitková vozidla. (viz. Obrázek 10.4)



Obrázek 10.3 Histogram denní potřeby energie na nabíjení [69]



Obrázek 10.4 Histogram denní najeté vzdálenosti osobních automobilů a lehkých užitkových vozidel (LUV)[69]

Jelikož se v lednu roku 2020 nacházelo v České republice 750 dobíjecích stanic, jedná se o pětadvaceti až padesátinásobný nárůst.

Dnes se ve vybrané lokalitě nachází devět nabíjecích stanic, do roku 2030 by to tedy mohlo být 225-450³². Konkrétně podle Obrázek 8.4 by zastoupení nabíjecích stanic o výkonu 50 kW bylo 3,2 %, 150 kW 7,1 % a 350 kW 0,8 %. Na základě zmíněných hodnot byl sestaven odhad počtu nabíjecích stanic pro nízký, střední a vysoký rozvoj elektromobility ve vybrané lokalitě pro nabíjecí stanice o výkonech 50 kW, 150 kW a 350 kW. (Tabulka 10.1)

Tabulka 10.1 Přehled počtu nabíjecích stanic o vybraných výkonech podle NAP CM 2019

scénář rozvoje elektromobility	Počet nabíjecích stanic 50 kW	Počet nabíjecích stanic 150 kW ³³	Počet nabíjecích stanic 350 kW
nízký (225 nabíjecích stanic)	7 (3)*	16 (1)	2
střední (340 nabíjecích stanic)	11	24	3
vysoký (450 nabíjecích stanic)	14	32	4

*Hodnoty v závorce znázorňují počty již instalovaných nabíjecích stanic. (platí pro všechny scénáře)

³² Tento odhad není přesný, z důvodu, nerovnoměrného nárůstu nabíjecích stanic, ovšem vybraná lokalita disponuje dobrým potenciálem k podobnému nárůstu stanic.

³³ Pro návrh scénáře je uvažována nabíjecí stanice Terra 184 CC s maximálním nabíjecím výkonem 180 kW.

Scénář uvádí instalace AC i DC nabíjecích stanic ve třech oblastech rozvoje nabíjecích stanic: bytová jednotka, průmyslové objekty a čerpací stanice. Pro tento scénář bude uvažován střední rozvoj elektromobility.

10.1.1 Instalace 30 AC nabíjecích stanic Terra AC wallbox 11 kW a 2 DC nabíjecí stanice ABB Terra 54 u bytové jednotky

Tato instalace by byla realizovatelná například u velké bytové jednotky nacházející ve vybrané lokalitě (v oblasti 1, viz. Obrázek 10.5). Nabíjecí stanice by byly instalovány na parkovišti před bytovou jednotkou, jelikož toto parkoviště disponuje přibližně 280 parkovacími místy. Celkem by zde bylo k dispozici třicet míst pro připojení elektromobilu na AC nabíjecí stojany 11 kW a čtyři místa na připojení k DC nabíjecí stanici, z nichž dvě by disponovaly nabíjením DC 50 kW a zbylé dvě AC 22 kW. Celkový instalovaný příkon nově instalovaných nabíjecích stanic by tedy činil 484 kVA. ($30 \times 11 \text{ kVA} + 2 \times 77 \text{ kVA} = 484 \text{ kVA}$)

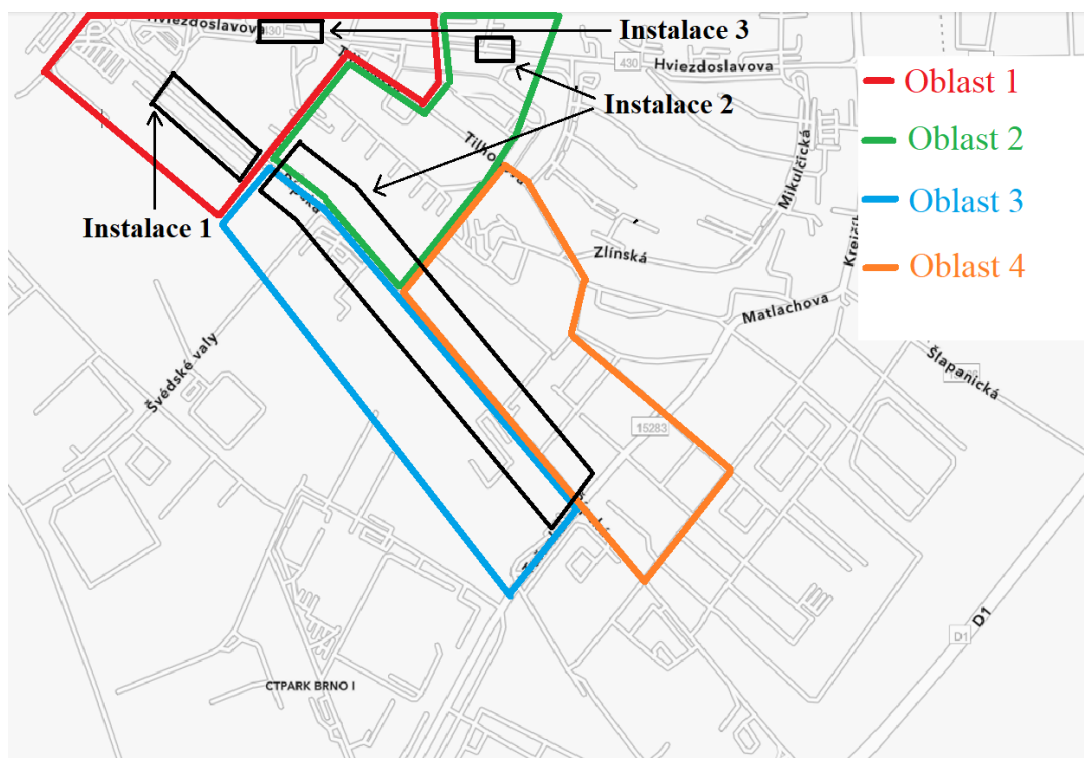
10.1.2 Instalace 18 ks rychlých DC nabíjecích stanic Terra 184 a 5 DC nabíjecí stanice ABB Terra 54 v průmyslových objektech

Jednalo by se o instalaci rychlonabíjecích stanic v několika průmyslových objektech, například: stavební firmy, automobilové salóny a prodejna nákladních automobilů (v oblastech 2, 3 a 4, Obrázek 10.5). Jelikož se jedná o automobilku, která již projevila velký zájem v rozvoji elektromobility mezi nákladní dopravou, je velmi pravděpodobné, že se i v této pobočce časem budou prodávat nákladní elektromobily. Ty budou potřebovat silnější nabíjecí stanice, jelikož budou mít baterie o větších kapacitách. Celkový instalovaný příkon všech zařízení by při této instalaci činil 3 841 kVA. ($18 \times 192 \text{ kVA} + 5 \times 77 \text{ kVA} = 3 841 \text{ kVA}$)

10.1.3 Instalace 2 rychlých DC nabíjecích stanic Terra 184 a 2 ultrarychlých nabíjecích stanic Terra HP 350 s dvěma nabíjecími stojany na čerpací stanici

U této varianty by byly instalovány dvě rychlonabíjecích DC stanice s nabíjecím výkonem 180 kW a dvě ultrarychlé nabíjecí stanice s maximálním nabíjecím výkonem 350 kW. Byly by umístěny na čerpací stanici, která si již v dané lokalitě nachází (oblast 1, viz Obrázek 10.5). Výhodou této lokality je, že se nachází v blízkosti sjezdu z dálnice, tudíž by tento nabíjecí bod mohly využít i elektromobily, které by pouze sjely z dálnice a po nabití se na ni opět vrátily. Čerpací stanice, která se v současné době ve vybrané lokalitě nachází, disponuje šesti čerpacími stojany. Pokud by například jedno čerpání pohonné hmoty trvalo i s platbou do pěti minut a nabití Tesly Model S s kapacitou baterie 75 kWh z 10 % na 80 % trvá do dvaceti minut při využití nabíjecí stanice Terra 184 a do deseti minut při využití nabíjecí stanice Terra HP 350, byl by počet šesti nabíjecích bodů pro kompletní nahrazení všech čerpacích stojanů dostatečný, jelikož se nepředpokládá, že by všichni uživatelé využívali rychlonabíjecí stanice (kapitola 4.7).

Celkový instalovaný příkon všech zařízení by činil 1 152 kVA. ($2 \times 192 \text{ kVA} + 2 \times 384 \text{ kVA} = 1 152 \text{ kVA}$)



Obrázek 10.5 Lokalizace instalace 1, 2 a 3

10.1.4 Závěr scénáře podle NAP CM 2019

V článku byl na základě odhadu počtu nabíjecích stanic v České republice do roku 2030 z NAP čisté mobility stanoven scénář instalace vybraných AC i DC nabíjecích stanic. První instalace popisuje zavedení AC nabíjecích stanic a 50 kW DC stanic u bytové jednotky, kde je předpoklad dlouhodobějšího parkování EV. Druhá instalace (instalace ve firemních areálech) popisuje vybudování rychlonabíjecích stanic v průmyslových objektech, kde je předpoklad potřeby vyšších nabíjecích výkonů. Třetí instalace uvádí vystavění ultra rychlých nabíjecích stanic na čerpací stanici v blízkosti dálnice, kde je požadavek na nejrychlejší nabití EV a minimální tvoření front.

Celkově tento scénář zahrnuje instalaci 30 ks AC nabíjecích stanic Terra AC wallbox 11 kW, pěti DC nabíjecích stanic Terra 54 CT, dvaceti DC nabíjecích stanic Terra 184 CC a dvou nabíjecích stanic Terra HP 350 kW. Tyto hodnoty jsou nižší oproti hodnotám pro střední scénář rozvoje elektromobility uvedených v tabulce 10.1. Záměrem je přiblížit se reálné hodnotě nabíjecích stanic ve vybrané lokalitě v roce 2030

a eliminování nelinearity rozvoje nabíjecích stanic. Dále jsou odečteny veřejně dostupné nabíjecí stanice již instalované ve vybrané lokalitě³⁴.

10.2 Scénář založený na dotazníkovém šetření problematiky elektromobility

Pro tento scénář byly sestaveny tři typy dotazníků a rozeslány na firmy rozdělené do tří oblastí: na dovozce elektromobilů do České republiky, firmy mimo vybranou oblast a firmy ve vybrané oblasti. Vzor dotazníku zasláného na prodejce elektromobilů v České republice je uveden v příloze D (Příloha D -Vzor dotazníku zasláného na prodejce elektromobilů v České republice) a vzor dotazníku zasláného na firmy na ulici Řípská je uveden v příloze E (Příloha E -Vzor dotazníku zasláného na firmy v oblasti ulice Řípská). Dotazník zasláný na firmy mimo vybranou oblast je stejný, jako dotazník zasláný na firmy na ulici Řípská, pouze bylo anonymizováno, o kterou oblast v Brně se konkrétně jedná. Názvy konkrétních firem byly v rámci analýzy anonymizovány.

10.2.1 Vyhodnocení dotazníků zasláných na dovozce elektromobilů

Z dotazníků zasláných na dovozce osobních elektromobilů do České republiky vyplývá, že jimi dovážené elektromobily budou podporovat primárně jednofázové a třífázové³⁵ nabíjení. Maximální nabíjecí výkony palubních nabíjecích systémů elektromobilů budou pro různé modely 11 a 22 kW. Při DC nabíjení budou podporovány převážně nabíjecí výkony do 150 kW.

Ze strany prodejců automobilů bylo zodpovězeno pouze 5 dotazníků z 12 zasláných.

10.2.2 Vyhodnocení dotazníků zasláných na firmy mimo vybranou oblast

Z dotazníkového šetření provedeného u firem mimo vybranou oblast byla ve většině případů zjištěna zkušenost s elektromobilitou. Firmy tedy mají nebo měli v provozu elektromobily nebo elektromobily i nabíjecí stanice. Firmy byly dotazovány na zkušenost s elektromobilitou, jelikož je zde zvýšená pravděpodobnost budoucího zapojení elektromobilů a nabíjecích stanic při již zažitě zkušenosti firem s elektromobilitou. Toto bylo potvrzeno i v odpovědích všech typů dotazníku. Firmy, které již měly zkušenosti s elektromobilitou, měly vizi začlenění elektromobilů.

K dotazníkům se vyjádřily všechny tři firmy mimo vybranou oblast, na které byly dotazníky zaslány. Jednalo se například o typ firem jako: energetická společnost, vysoká škola a firma vyrábějící produkty z oblasti energetiky a automatizace. Všechny dotázané

³⁴ Není zde uvažováno garážové nabíjení.

³⁵ Jedná se o stav nabíjení po většinu nabíjení. Může nastat stav, kdy nabíjení na konci třífázového nabíjení přejde pouze na dvě fáze. [105]

firmy projevily zájem o začlenění elektromobilů do flotily firemních automobilů, ačkoliv se tyto počty pohybovaly v jednotkách.

Firmy mimo vybranou oblast uvažují, nebo již uvažovaly o instalaci nabíjecích stanic. Mezi uvažované výkony spadají nabíjecí výkony AC 11 a 22 kW i DC 50 kW. Stanice by byly využívány převážně pro firemní provoz, ale některé i veřejně.

Instalace nabíjecích stanic o výkonech 50 kW a vyšších se zdála z dotazníků jako problém pro většinu firem. Firmy u instalace rychlých nabíjecích stanic naráží na problémy jako jsou: majetkové vztahy k pozemku, kde by nabíjecí stanice byla provozována, dostatečná kapacita přípojného místa a vysoká pořizovací i provozní cena (ovlivněná dodavatelem elektrické energie).

10.2.3 Vyhodnocení dotazníků zaslaných na firmy ve vybrané oblasti

Ve vybrané oblasti se nachází zastoupení firem, které nemají žádné zkušenosti s elektromobilitou ani vizi implementace elektromobilů, dále pak firem jejichž snaha začlenění elektromobilů a instalaci nabíjecích stanic nebyla provedena na základě problémů popsanych v kapitole 10.2.2. Ve vybrané lokalitě se nachází nižší desítky průmyslových a jiných komerčních firem. Jsou zde zastoupeny i průmyslové objekty s vizí rozvoje elektromobility ve svém tamním areálu. Z 30 ks dotazníků zaslaných na firmy ve vybrané oblasti bylo odpovězeno 11.

Tyto firmy by preferovaly nabíjecí stanice 50 a 150 kW, ale využity by zde byly i AC nabíjecí stanice.

AC nabíjecí stanice by byly využitelné i u firem, ve kterých zákazníci tráví v průměru 1-2 hodiny. Zde se jedná o firmy nabízející řešení stavebních prací, showroomy koupelnových a kuchyňských studií a prodejny automobilů.

Naopak DC i AC nabíjecí stanice jsou využitelné u obchodních středisek, kde zákazníci tráví v průměru 20-120 minut.

10.2.4 Sestavení scénáře na základě dotazníkového šetření

Jelikož se k zaslaným dotazníkům nevyjádřily všechny firmy, budou odpovědi těchto firem doplněny autorem práce na základě podobnosti těchto firem s firmami, které na dotazníky odpověděly.

Tento scénář bude zahrnovat instalaci osmi DC nabíjecích stanic o výkonu 50 kW a pěti AC nabíjecích stanic o výkonu 22 kW u obchodního střediska. Dále instalaci čtyř DC nabíjecích stanic 50 kW na parkovišti u obchodu s potravinami. Instalaci DC nabíjecích stanic 50 a 150 kW v areálech firem, které v dotazníkům zmínily vizi instalace nabíjecích stanic ve svém areálu a firem, které na dotazník nereagovaly, ovšem dle dostupných dat by byl jejich objekt k instalaci rychlých nabíjecích stanic vhodný.

Celkově by se tedy jednalo o instalaci dvanáct AC nabíjecích stanic Terra AC wallbox 11 kW, šesti AC nabíjecích stanic Voltdrive Silentium P 2x22 kW,

šestnácti DC nabíjecích stanic Compact power charger 50 kW a dvou DC stanic Compact power charger 150 kW od společnosti Siemens.

Tento scénář obsahuje méně nabíjecích stanic a nižší výkony. To může být způsobeno konzervativním chováním firem i faktem neuvažování LUV a nákladních automobilů pro tento scénář. Vyjma instalace dvou CPC 150 v průmyslovém odběru, která byla stanovena dotazníkem.

10.3 Scénář založený na metaanalýze bakalářských a diplomových prací

Tento scénář byl navržen na základě informací získaných z bakalářských a diplomových prací řešících rozvoj nabíjecí infrastruktury a důsledky na distribuční síť. Tyto práce byly zadány externími zadavateli (EG.D nebo finskou akademickou institucí). (viz. Tabulka 10.2)

Práce 1 (Jinačovice) je zaměřená na návrh opatření v síti nízkého napětí pro implementaci obnovitelných zdrojů a elektromobility. Práce 2 (Brněnsko) řeší opatření v síti vysokého napětí při začlenění elektromobility a obnovitelných zdrojů energie. Práce 3 (Moravany) se zabývá analýzou energetických toků v obci s vysokou úrovní penetrace střešních fotovoltaických instalací. Práce 4 (Finsko) řeší chytré nabíjení EV a hostingové kapacity distribučních sítí. V práci 5 (část Brna) je vycházeno z NAP CM 2019. Práce 1, 2, 3 a 5 byly zpracovávány ve spolupráci s EG.D a práce 4 byla zpracovávána jako výzkumný projekt na finské univerzitě.

Většina prací uvažuje rok 2030, práce 2 (Brněnsko) uvažuje rok 2040 a práce 3 (Moravany) vzdálenou budoucnost, kdy dojde ke 100% zastoupení EV.

Velké rozdíly nastávají v řešené oblasti, jelikož práce 1 (Jinačovice), práce 2 (Brněnsko, sedm obcí, celkem 10 500 obyvatel) a práce 3 (Moravany) uvažují oblasti do 3 000 obyvatel, práce 4 (Finsko) obydlenou oblast do 300 rodinných domů a práce 5 část města o počtu obyvatel 10 000. S různými oblastmi vyvstává i otázka rozdílné kupní síly obyvatel. Dle předpokladu budou mít obyvatelé v městské části větší kupní síly a budou více tíhnout k elektromobilitě, než obyvatelé obce do 800 obyvatel. Ovšem tento předpoklad může být i opačného charakteru, pokud by se jednalo právě o vybranou oblast práce 1 (Jinačovice), jelikož se jedná o vesnici vzdálenou pouze 5 km od Brna a dá se zde očekávat přistěhování bohatších obyvatel z Brna, jak je v současné době v bydlení trendem. Navíc zde vyvstává i rozdíl chování obyvatel a podpory vlády, jelikož práce 4 uvažuje oblast nacházející se ve Finsku.

Počet automobilů pro tento scénář byl stanoven 6 740. Tato hodnota byla získána průměrem počtu automobilů na počet obyvatel. Práce 3 (Moravany) a 4 (Finsko) uvažují plné zastoupení EV ve vozovém parku, práce 2 (Brněnsko) uvažuje 50 % zastoupení elektromobilů práce 1 (Jinačovice) okolo 10 % a práce 5 (část Brna) 13 %, jelikož

ve vybrané oblasti očekává nárůst EV během dne (v oblasti se vyskytuje více firem i obchodní domy a autosalony).

Průměrem procentuálních zastoupení EV mezi automobily byl stanoven počet 3 707 EV pro tento scénář. Všechny práce, kromě práce 5 (část Brna), uvažují ve vozovém parku pouze zastoupení osobních automobilů. Do scénáře byla zahrnuta varianta pro celý vozový park.

Práce 1 (Jinačovice), 3 (Moravany) a 4 (Finsko) uvažují počet vozidel na odběr MOO 1 a 1,5. Práce 5 (část Brna) uvažuje 0,2 vozidel na odběr MOO.

Uvažovaná spotřeba všech respondentů se pohybuje mezi 130-225 Wh/km. Průměrná uvažovaná hodnota respondentů je 172 Wh/km. Uvažovaná spotřebovaná energie EV za den se u respondentů pohybuje pro osobní automobily v rozmezí 3,9-17,1 kWh. Jelikož práce 1 (Jinačovice) a 2 (Brněnsko) vychází ve svých odhadech z Dílčí studie pro pracovní tým A25-Predikce vývoje elektromobility v ČR, vyplývá, že jejich odhadovaná hodnota energie spotřebované EV za jeden den se pohybuje v rozmezí 6,4-9,6 kWh. Průměrná hodnota spotřebované energie je 8,6 kWh.

Práce 3 (Moravany) a 4 (Finsko) neřeší kapacitu baterie EV, ale kompenzují dobíjení nájездem kilometrů. Průměrný počet najetých kilometrů denně je pro osobní automobily 41,2 km.

Vyhodnocení porovnávaných parametrů pro druhý scénář z tabulky 10.2 je vyobrazeno v tabulce 10.3.

10.3.1 Závěr scénáře založeného na metaanalýze bakalářských a diplomových prací

Při porovnání výsledků stanovených v tabulce 10.2 s plánovaným poměrem 15 EV/nabíjecí bod zmíněným v kapitole 5.1, lze vyvodit počet potřebných nabíjecích stanic ve vybrané oblasti: 247 nabíjecích bodů. Tento počet je velmi blízký nízkému scénáři rozvoje dle NAP CM 2019.

Při porovnání hodnot v tabulce 10.2 se stávajícím poměrem 10 EV/nabíjecí bod v Německu, nebo ve Francii lze stanovit počet 371 nabíjecích bodů (počet bodů blízký střednímu rozvoji elektromobility dle NAP CM 2019).

Při srovnání hodnot z tabulce 10.2 se stávajícím poměrem v České republice (5 EV/nabíjecí bod), lze očekávat počet 741 nabíjecích bodů ve vybrané oblasti. Právě tento případ bude uvažován pro třetí scénář rozvoje nabíjecích stanic, z důvodu největšího zatížení nabíjecích stanic pro síť. Výkony jednotlivých nabíjecích stanic budou určeny z NAP CM 2019 (Obrázek 8.4). Konkrétní počty nabíjecích stanic a nabíjecích výkonů jsou stanoveny v tabulce 10.4.

Tabulka 10.2 Přehled vybraných parametrů rozvoje elektromobility z jednotlivých prací

Název práce	Práce 1 [97]	Práce 2 [58]	Práce 3 [43]	Práce 4 [29]	Práce 5
Uvažovaný rok nebo roky vaší simulace (nebo vyberte rok pro data níže)	2030	2040	2030	vzdálená budoucnost	2030
Charakter vybrané oblasti (popis oblasti)	vesnice v blízkosti Brna (Jinačovice)	7 obcí (Brněnsko)	vesnice v blízkosti Brna (Moravany)	část města ve Finsku (Finsko)	městská část Brna (část Brna)
Počet obyvatel řešené oblasti	779	10 500	3 000	8/40/300 rodinných domů (odhad 800 obyvatel)	10 000
Počet aut v řešené oblasti	444 (1,5x odběrů sazby D)	6 000 (odhad)	1 500 (MDČR)	8/40/300	7 000
Počet EV aut v řešené oblasti	nejvyšší scénář EV+PHEV: 36+17	3 000	max penetrace 1500, OM=EV – 1000	8/40/300	900
Uvažujete pouze osobní auta nebo celý vozový park (i dodávky, nákl. atd.)	Pouze osobní auta	Pouze osobní auta	Pouze osobní auta	Pouze osobní auta	celý vozový park
Uvažovaný počet vozidel na odběr MOO (domácnosti)	1,5	neřeší	1 (1,5) vozidlo na 1 OM každý den dobíjený	1	0,2
Spotřeba EV na 1 km (Wh):	neřeší	neřeší	130, 150, 190	152-225	185; 280*
Uvažovaná spotřebovaná energie EV/den (kWh)	6,4-9,6	6,4-9,6	3,90; 6,75; 17,1	7,77-11,5	7,4; 50*
Energie spotřebovaná na 1 obyvatele (kWh)	0,44-0,65	1,83-2,74	1,95; 3,38; 8,5	2,91-4,31	0,66
Energie na 1 EV na jedno nabití (kWh)	6,4-9,6	6,4-9,6	neřeší	7,77-11,5	7,4-18; 65*
Uvažované baterie v EV (kWh)	neřeší	neřeší	neuvažuje, kompenzuje denní nájezd km	Není specifikováno, vždy se kompenzuje pouze denní nájezd	50; 150*
Uvažovaný dojezd 1 EV za den (km)	neřeší	neřeší	30, 45, 90	46	36; 200*

*Hodnoty pro nákladní elektromobily, **dopočtené hodnoty**, Práce 5 je založena na scénáři 1 (kapitola 10.1)

Tabulka 10.3 Vyhodnocení informací získaných z prací pro třetí scénář

Uvažovaný rok nebo roky vaší simulace (nebo vyberte rok pro data níže)	2030
Charakter vybrané oblasti	městská část Brna
Počet obyvatel řešené oblasti	10 000
Počet aut v řešené oblasti	6 740
Počet EV aut v řešené oblasti	3 707
Uvažujete pouze osobní auta nebo celý vozový park (i dodávky, nákl. atd.)	Celý vozový park
Uvažovaný počet vozidel na odběr MOO (domácnosti)	0,75
Spotřeba EV na 1 km (Wh)	172; 280*
Uvažovaná spotřebovaná energie EV za den (kWh)	8,6; 50*
Energie spotřebovaná na 1 obyvatele na den (kWh)	3,19
Energie na 1 EV na jedno nabití (v kWh)	8,6; 65*
Uvažované baterie v EV (kWh)	50; 150*
Uvažovaný dojezd 1 EV za den (km)	41,2; 200*

* Hodnoty uvedené pro nákladní elektromobily

Tabulka 10.4 Rozložení nabíjecích stanic podle výkonu pro třetí scénář

Celkový počet nabíjecích stanic odhadovaný pro řešenou oblast v Brně v roce 2030 dle třetího scénáře	Počet nabíjecích stanic 50 kW	Počet nabíjecích stanic 150 kW	Počet nabíjecích stanic 350 kW
741	24 (3)*	52 (1)	6

* Hodnoty v závorce znázorňují počty již instalovaných nabíjecích stanic.

Podobně jako u prvního scénáře budou v tomto scénáři uvažovány nižší počty nabíjecích stanic z důvodu již instalovaných nabíjecích stanic a nelineárního nárůstu nabíjecích stanic. Počty nabíjecích stanic uvažovaných ve třetím scénáři jsou stanoveny v tabulce 10.5. Za instalované nabíjecí stanice budou uvažovány nabíjecí stanice CPC 50, CPC 150 a Terra HP 350.

Tabulka 10.5 Konkrétní počty nabíjecích stanic podle výkonu uvažovaných ve třetím scénáři

Počet nabíjecích stanic 50 kW	Počet nabíjecích stanic 150 kW	Počet nabíjecích stanic 350 kW
15	40	2

11. VYHODNOCENÍ PŘIPOJENÍ SESTAVENÝCH SCÉNÁŘŮ DO DISTRIBUČNÍ SÍTĚ

V této kapitole bude na základě výstupních dat ze scénářů a dat poskytnutých společností EG.D vyhodnoceno připojení jednotlivých scénářů do distribuční sítě na ulici Řípská v Brně. Výpočty zatížení scénářů byly uskutečněny v programu Daisy Bizon projektant.

11.1 Připojitelnost prvního scénáře do distribuční sítě

Společností EG.D byl poskytnut zátěžový proud pro simulaci kmenové linky v programu Daisy Bizon projektant 150 A.

V příloze B (Příloha B -Schéma zapojení prvního scénáře v programu Daisy Bizon) je uvedeno schéma sítě v programu Daisy Bizon projektant. Schéma je stejné pro všechny scénáře, pouze instalované výkony nových transformátorů a výkony nově instalovaných nabíjecích stanic se liší.

V tabulce 11.1 je zobrazeno rozložení typů nabíjecích stanic na konkrétních transformátorech na ulici Řípská.

Tabulka 11.1 Počty nově instalovaných nabíjecích stanic na konkrétních transformátorech (první scénář)

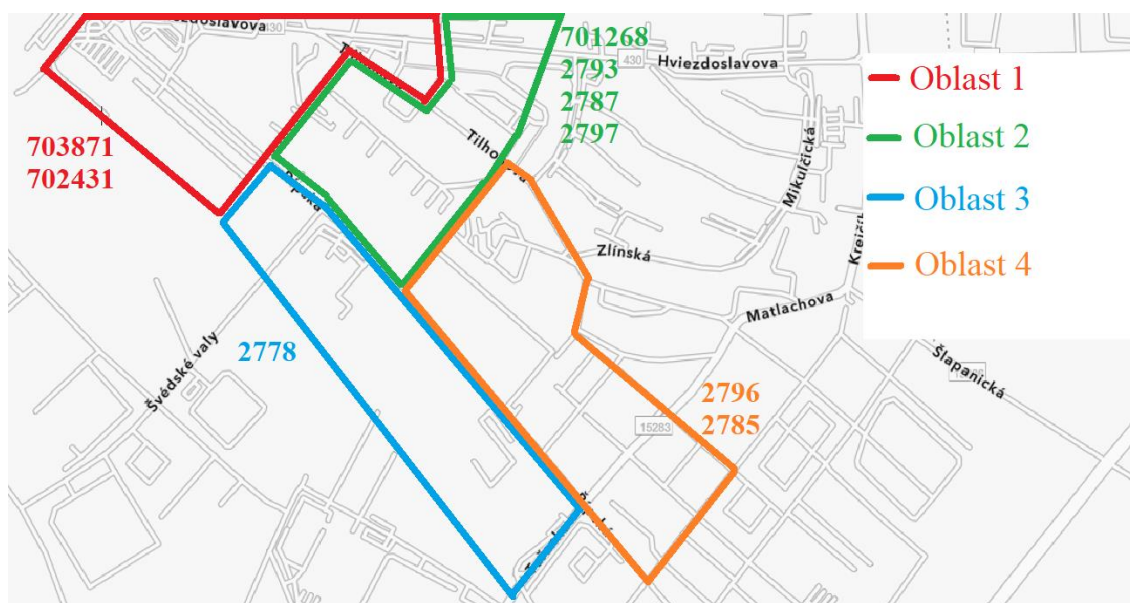
Název uzlu	Číslo oblasti	Počet nově instalovaných nabíjecích stanic 11 kW	Počet nově instalovaných nabíjecích stanic 50 kW (+ 22 AC kW)	Počet nově instalovaných nabíjecích stanic 180 kW	Počet nově instalovaných nabíjecích stanic 350 kW
703871	1	30	2	-	-
702431	1	-	-	2	2
701268	2	-	-	1	-
2793	2	-	-	3	-
2787	2	-	1	1	-
2778	3	-	-	1	-
2797	2	-	2	3	-
2796	4	-	2	5	-
2785	4	-	-	2	-
Suma	-	30	7	18	2

V tabulce 11.2 je znázorněno rozložení DC i AC nabíjecích stanic pro scénář 1 v oblastech 1, 2, 3, 4.

Tabulka 11.2 Rozložení nově instalovaných nabíjecích stanic v určitých oblastech v prvním scénáři

Název oblasti	Počet nově instalovaných nabíjecích stanic
Oblast 1	6 DC + 30AC
Oblast2	11 DC
Oblast 3	1 DC
Oblast 4	9 DC

Obrázek 11.1 znázorňuje rozložení transformátorů uvažovaných v prvním scénáři do definovaných oblastí. Oblast 1 zahrnuje transformátory 703871 a 702431, oblast 2 obsahuje transformátory 701268, 2793, 2787 a 2797, oblast 3 obsahuje transformátor 2778 a oblast 4 transformátory 2796 a 2785.



Obrázek 11.1 Rozložení transformátorů uvažovaných v prvním scénáři do definovaných oblastí

V tabulce 11.3 je uveden celkový výkon na transformátorech vypočítaný v simulaci prvního scénáře v programu Daisy Bizon projektant. Podle informací poskytnutých od společnosti EG.D je povolena zatížitelnost transformátorů do 66 %. Na základě této hodnoty bylo navrženo rozšíření instalovaných výkonů jednotlivých transformátorů uvedených v tabulce 11.3. Při porovnání transformátorů, na které jsou v tomto scénáři připojeny nabíjecí stanice, pouze transformátory 703871, 701268 a 2797 není potřeba výkonově rozšířit.

Tabulka 11.3 Přehled zatížení jednotlivých transformátorů (první scénář)

Název uzlu ³⁶	Výkon nově instalovaných nabíjecích stanic (kW)	Celkový odběr (kW)	Původní instalovaný výkon transformátoru (kVA) ³⁷	Navrhovaný výkon transformátoru ³⁸ (kVA)
703871	474	603,4	1 000	1 000
702431	1 060	1 318,8	400	2x1 000
701268	180	231,8	400	400
2793	540	669,4	630	2x630
2796	1 044	1 302,8	2x630	2x1 000
2787	252	316,7	250	630
2778	180	244,7	250	2x250
2797	684	942,8	2x1 000	2x1 000
2785	360	463,5	400	2x400
Suma	4 774	6 093,9	6 590	10 590

Hodnoty, pro které došlo k překročení povoleného zatížení transformátoru (66 %)

V programu Daisy Bizon byly dále ověřeny napěťové poměry a proudové zatížení prvního vývodu za napájecím transformátorem 110/22 kV 40 MVA při prvním scénáři. Maximální hodnota napětí byla dosažena na prvním odběru a činila 105,1 % jmenovitého napětí. Naopak nejnižší hodnota byla vypočtena na posledním odběru o hodnotě 104 % jmenovitého napětí. Hodnota napětí odpovídá Pravidlům provozování distribučních soustav z roku 2020. [66]

Proud protékající prvním vývodem za napájecím transformátorem byl vypočten na hodnotu $I_n = 296,84$ A. Maximální proudová zatížitelnost I_{max} kabelu 22-AXEKVCEY 1x240/25 je 417 A. Relativní proud i_r protékající prvním vývodem je 71,18 % (stanoven rovnicí 11.1). Dle EG.D je maximální povolená hodnota relativního proudu pro první vývod za napájecím transformátorem 60 %, což odpovídá proud 250 A.³⁹

³⁶ Jsou zde uvedeny pouze uzly, na kterých jsou pro tento scénář instalovány nabíjecí stanice.

³⁷ Hodnoty instalovaných výkonů transformátorů byly poskytnuty společností EG.D.

³⁸ Při návrhu instalovaného výkonu transformátoru nebylo autorem práce respektováno současné omezení maximálního instalovaného výkonu 630 kVA pro vlastní transformátorové stanice. V době realizace instalace by již toto omezení nemuselo být platné a zároveň bylo cílem autora utajit charakter stanice.

³⁹ Hodnota maximálního zatížení transformátorů a kabelů vedení byla poskytnuta společností EG.D.

$$i_r = \frac{I_n}{I_{max}} \cdot 100 \quad (11.1)$$

I_n proud protékající prvním vývodem za napájecím transformátorem [A]

I_{max} maximální proudová zatížitelnost kabelu [A]

K dosažení požadované hodnoty lze použít kabel s vyšší maximální zatížitelností, minimálně 495 A. Druhou možností je paralelní vedení stejného kabelu z napájecího transformátoru, který by sloužil k samostatnému napájení okruhu sídliště. Toto řešení je znázorněno v Programu Bizon projektant v příloze C (Příloha C -Řešení proudového přetížení prvního vývodu v programu Daisy Bizon). Při této variantě by došlo k rozdělení proudu a za napájecím transformátorem by tekla proud napájecí ulici Řípská o velikosti 158,97 A a relativním proudu 38,12 % a proud napájecí okruh sídliště o velikosti 136,42 A a relativním proudem 32,72 %. Došlo by ke splnění podmínky na velikost relativního proudu stanovené společností EG.D, ovšem dojde ke zvýšení napětíových poměrů a maximální hodnota napětí dosažená na prvním odběru by činila 105,8 % a na posledním 104,8 % jmenovitého napětí. Nově dosažené hodnoty odpovídají PPDS z roku 2020 a lze tuto variantu použít jako řešení.

11.2 Připojitelnost druhého scénáře do distribuční sítě

I pro tento scénář rozvoje rychlonabíjecích stanic bude uvažována zátěž 150 A.

V tabulce 11.4 zobrazeno rozložení typů nabíjecích stanic na konkrétních transformátorech na ulici Řípská.

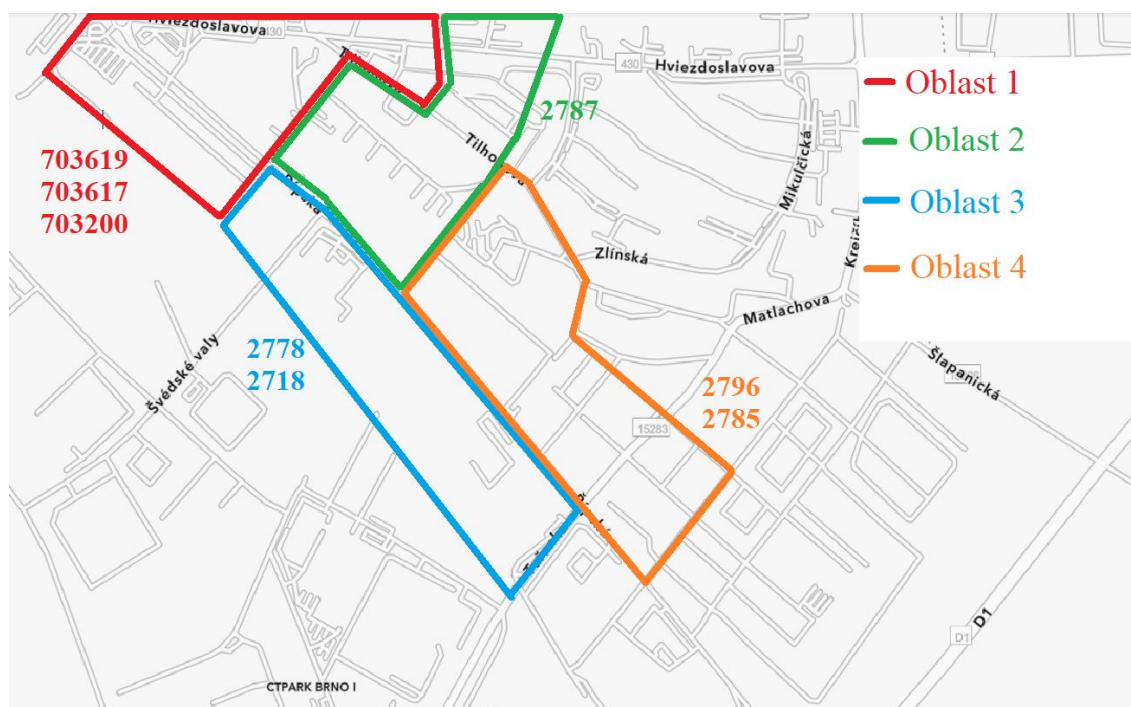
Tabulka 11.4 Počty nově instalovaných nabíjecích stanic na konkrétních transformátorech (druhý scénář)

Název uzlu ⁴⁰	Číslo oblasti	Počet nově instalovaných nabíjecích stanic 11 kW	Počet nově instalovaných nabíjecích stanic 2x22 kW	Počet nově instalovaných nabíjecích stanic 50 kW (+22 AC kW)	Počet nově instalovaných nabíjecích stanic 150 kW
703619	1	-	4	-	-
703617	1	-	-	2	-
703200	1	-	-	2	-
2787	2	8	-	3	-
2778	3	4	-	3	-
2796	4	-	2	-	2
2785	4	-	-	4	-
2718	3	-	-	2	-
Suma	-	12	6	16	2

⁴⁰ Jsou zde uvedeny pouze uzly, na kterých jsou pro tento scénář instalovány nabíjecí stanice.

Tabulka 11.5 Rozložení nově instalovaných nabíjecích stanic do oblastí ve druhém scénáři

Název oblasti	Počet nově instalovaných nabíjecích stanic
Oblast 1	4 DC + 4 AC
Oblast 2	3 DC + 8 AC
Oblast 3	5 DC + 4 AC
Oblast 4	6 DC



Obrázek 11.2 Rozložení transformátorů uvažovaných v druhém scénáři do definovaných oblastí

Na Obrázek 11.2 je znázorněno rozložení transformátorů uvažovaných v druhém scénáři do definovaných oblastí. Oblast 1 zahrnuje transformátory 703619, 703617 a 703200 oblast 2 obsahuje transformátor 2797, oblast 3 obsahuje transformátory 2778 a 2718 a oblast 4 transformátory 2796 a 2785.

V tabulce 11.6 je uveden celkový výkon na transformátorech vypočítaný v simulaci druhého scénáře v programu Daisy Bizon projektant. Dle požadavku na maximální zatížení transformátorů (viz. kapitola 11.1) bylo navrženo rozšíření instalovaných výkonů transformátorů (Tabulka 11.6). Druhý scénář rozvoje zahrnuje rozšíření instalovaných výkonu transformátorů pouze na transformátorech 2787, 2778 a 2785.

V programu Daisy Bizon projektant byly ověřeny napěťové a proudové poměry v simulované síti. Maximální hodnota 105,4 % jmenovitého napětí byla dosažena

na prvním odběru a nejnižší hodnota 104,3 % jmenovitého napětí byla dosažena na posledním odběru. Parametry napěťových poměrů vyhověly PPDS 2020.[66]

Proud protékající prvním vývodem za napájecím transformátorem byl simulací vypočten na hodnotu 224,96 A, relativní proud 53,95 %. Simulovaná síť vyhověla nárokům provozovatele distribuční sítě (viz. kapitola 11.1).

Tabulka 11.6 Přehled zatížení jednotlivých transformátorů (druhý scénář)

Název uzlu	Výkon nově instalovaných nabíjecích stanic (kW)	Celkový odběr (kW)	Původní instalovaný výkon transformátoru (kVA)	Navrhovaný výkon transformátoru (kVA)
703619	176	279,5	800	800
703617	144	250,4	800	800
703200	144	195,8	400	400
2796	388	646,8	2x630	2x630
2787	304	368,7	250	630
2778	260	324,7	250	630
2785	288	391,5	400	2x400
2718	144	307,0	2x630	2x630
Suma	1 848	2 764,4	5 420	6 580

Hodnoty, pro které došlo k překročení povoleného zatížení transformátoru (66 %)

11.3 Připojitelnost třetího scénáře do distribuční sítě

Stejně jako v předešlých simulacích bude uvažována zátěž 150 A.

Jedná se o scénář, který zahrnuje zapojení nejvíce nabíjecích stanic. Bylo očekáváno i největší zatížení sítě. V tabulce 11.8 zobrazeno rozložení typů nabíjecích stanic na konkrétních transformátorech na ulici Řípská a v blízkém okolí.

Tabulka 11.7 Rozložení nově instalovaných nabíjecích stanic do oblastí ve scénáři 3

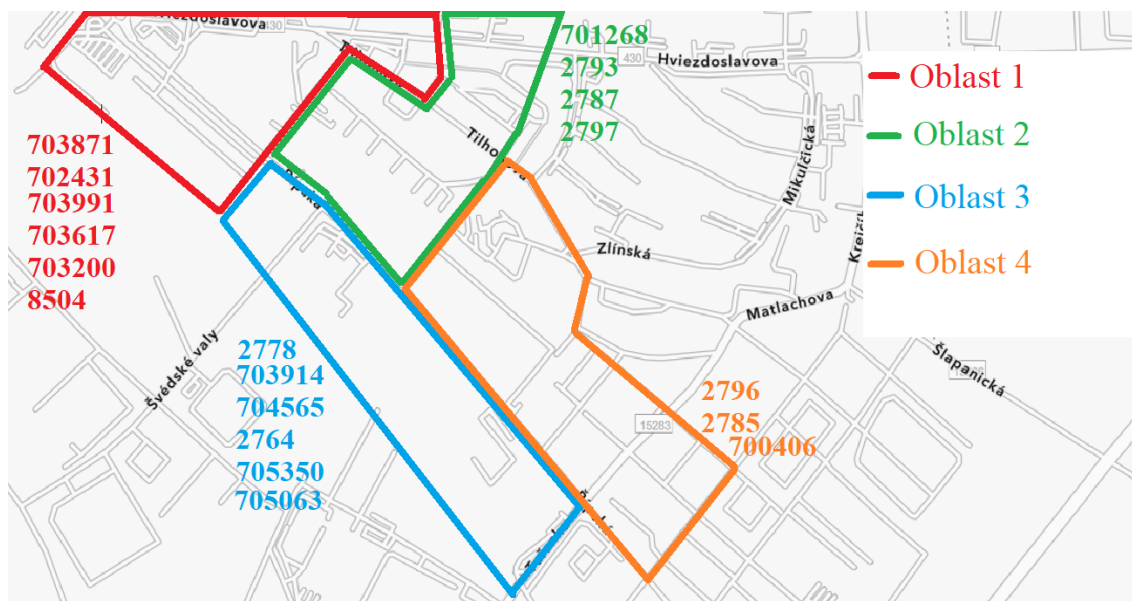
Název oblasti	Počet nově instalovaných nabíjecích stanic
Oblast 1	21 DC
Oblast 2	14 DC
Oblast 3	11 DC
Oblast 4	11 DC

Tabulka 11.8 Počty nově instalovaných nabíjecích stanic na konkrétních transformátorech (třetí scénář)

Název uzlu ⁴¹	Číslo oblasti	Počet nově instalovaných nabíjecích stanic 50 kW (+ 22 AC kW)	Počet nově instalovaných nabíjecích stanic 150 kW	Počet nově instalovaných nabíjecích stanic 350 kW
703871	1	2	-	-
703991	1	3	2	-
703617	1	2	2	-
703200	1	3	1	-
8504	1	-	2	-
702431	1	-	2	2
701268	2	-	2	-
2793	2	-	3	-
2787	2	1	3	-
2778	3	-	3	-
2797	2	2	3	-
703914	3	-	1	-
704565	3	-	2	-
2764	3	-	2	-
705350	3	-	1	-
2796	4	2	5	-
2785	4	-	2	-
705063	3	-	2	-
700406	4	-	2	-
Suma	-	15	40	2

Obrázek 11.3 uvádí rozložení transformátorů uvažovaných ve třetím scénáři do definovaných oblastí. Oblast 1 zahrnuje transformátory 703871, 702431, 703991, 703617, 703200 a 8504, oblast 2 obsahuje transformátory 701268, 2793, 2787 a 2797, oblast 3 obsahuje transformátory 2778, 703914, 704565, 2764, 705350, 705063 a oblast 4 obsahuje transformátory 2796, 2785 a 700406.

⁴¹ Jsou zde uvedeny pouze uzly, na kterých jsou pro tento scénář instalovány nabíjecí stanice.



Obrázek 11.3 Rozložení transformátorů uvažovaných ve třetím scénáři do definovaných oblastí

V tabulce 11.9 je uveden celkový výkon na transformátorech vypočítaný v simulaci prvního scénáře v programu Daisy Bizon projektant. Hodnoty celkových výkonů byly opět porovnány s instalovanými výkony transformátorů a byly navrženy nové instalované výkony transformátorů (703991, 703617, 703200, 702431, 701268, 2793, 2796, 2787, 2778, 2764, 705350, 2785, 705063) tak aby odpovídaly hodnotě nižší než 66 % zatížení.

V programu Daisy Bizon projektant byly ověřeny napěťové a proudové poměry v simulované síti. Maximální hodnota 104,6 % jmenovitého napětí byla dosažena na prvním odběru a nejnižší hodnota 102,8 % jmenovitého napětí byla dosažena na posledním odběru. Parametry napěťových poměrů vyhověly PPDS 2020.[66]

Proud protékající prvním vývodem za napájecím transformátorem byl simulací vypočten na hodnotu 381,0 A, relativní proud 91,37 %. Simulace jako v prvním scénáři nevyhověla požadavkům provozovatele distribuční sítě na proudové zatížení za napájecím transformátorem. Lze použít kabel s vyšší maximální zatížitelností, minimálně 635 A, k dosažení požadovaného relativního proudu pod 60 %.

Dále lze použít stejné řešení jako v prvním scénáři, tedy vyvedení paralelního vedení, které by napájelo okruh sídliště Slatina. Při tomto řešení by došlo k rozložení proudů na hodnoty 204,32 A (relativní proud 49,0 %) tekoucí ulicí Řípská a 172,88 A (relativní proud 41,46 %) tekoucí do sídliště Slatina. Vyvedením paralelního vedení by ovšem došlo ke změnám poměrů napětí. Maximální hodnota napětí by se nacházela opět na prvním odběru s hodnotou 105,4 % jmenovitého proud a minimální

hodnota 104,2 % by se nacházela na posledním odběru. I při změně napěťových poměrů by simulace vyhověla PPDS 2020. [66]

Tabulka 11.9 Přehled zatížení jednotlivých transformátorů (třetí scénář)

Název uzlu	Výkon nově instalovaných nabíjecích stanic (kW)	Celkový odběr (kW)	Původní instalovaný výkon transformátoru (kVA)	Navrhovaný výkon transformátoru (kVA)
703871	144	261,9	1 000	1 000
703991	516	664,5	630	2x630
703617	444	550,4	800	1 000
703200	366	460,3	400	2x400
8504	300	535,8	2x1 000	2x1 000
702431	1 000	1235,8	400	2x1 000
701268	300	394,3	400	2x400
2793	450	598,5	630	2x630
2796	894	1129,8	2x630	2x1 000
2787	522	670,5	250	2x630
2778	450	598,5	250	2x630
2797	738	973,8	2x1 000	2x1 000
703914	150	224,3	630	630
704565	300	374,3	630	630
2764	300	374,3	160	630
705350	150	197,2	160	400
2785	300	394,3	400	2x400
705063	300	394,3	400	2x400
700406	300	448,5	2x630	2x630
Suma	7 924	10 481,3	13 660	21 790

Hodnoty, pro které došlo k překročení povoleného zatížení transformátoru (66 %)

11.4 Srovnání připojitelnosti jednotlivých scénářů

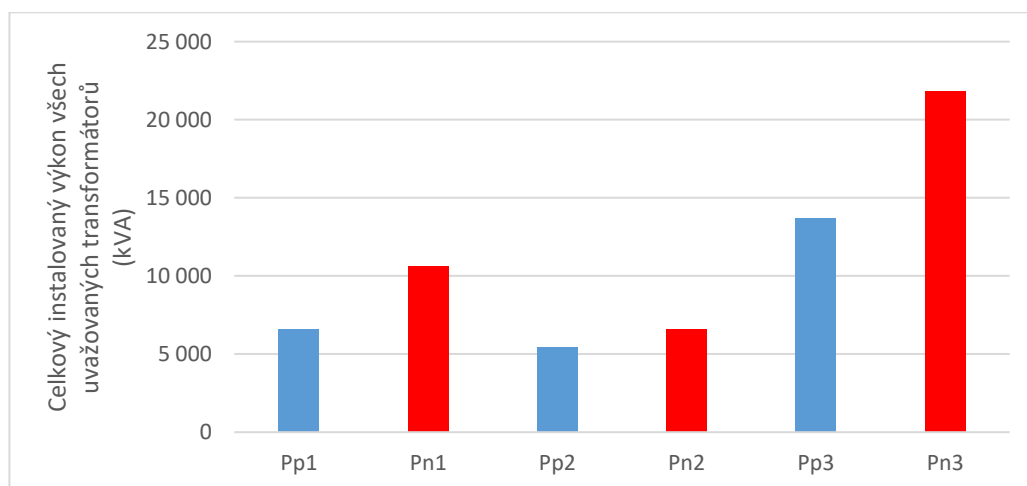
V tabulce 11.10 je uvedeno srovnání počtu nabíjecích stanic a jejich výkonu pro scénáře 1, 2 a 3. Nejméně instalací nabíjecích stanic zahrnuje scénář 2. Scénář 1 a 2 mají sice stejné počty nových instalací nabíjecích stanic (57), ale scénář 3 zahrnuje instalaci více DC nabíjecích stanic, a to o 30.

Obrázek 11.4 uvádí porovnání původních a nově instalovaných výkonů transformátorů pro jednotlivé scénáře. Nejmenší součet původních instalovaných výkonů transformátorů zahrnuje scénář 2, který má i nejmenší nárůst nově instalovaného výkonu na uvažovaných transformátorech. Došlo k nárůstu pouze 20 % původního instalovaného

výkonu. Pro scénáře 1 a 3 byl nárůst nově instalovaného výkonu téměř shodný: 61 % pro scénář 1 a 60 % pro scénář 3.

Tabulka 11.10 Porovnání počtu nově instalovaných nabíjecích stanic jednotlivých scénářů

Název scénáře	Počet nově inst. nabíjecích stanic 11 kW	Počet nově inst. nabíjecích stanic 2x22 kW	Počet nově inst. nabíjecích stanic 50 kW (+22 AC kW)	Počet nově inst. nabíjecích stanic 150 kW a 180 kW	Počet nově inst. nabíjecích stanic 350 kW	Suma
Scénář 1	30	-	7	18	2	57
Scénář 2	12	6	16	2	-	36
Scénář 3	-	-	15	40	2	57



Obrázek 11.4 Přehled původních a nově instalovaných výkonů transformátorů pro jednotlivé scénáře

- P_p – původní instalovaný výkon všech uvažovaných transformátorů (využitých pro instalaci nabíjecích stanic)
- P_n – nově instalovaný výkon všech uvažovaných transformátorů
- čísla značí jednotlivé scénáře

Scénáře 1 a 2 představují pro vedení distribuční sítě velké zatížení na vývodu z napájecí transformovny a při jejich realizaci by muselo dojít k patřičným opatřením pro zvýšení zatížitelnosti sítě:

- užití kabelu vedení s vyšší maximální zatížitelností,
- vyvedení paralelního vedení, které by napájelo sídliště Slatina,

- navýšení hodnot instalovaných výkonů jednotlivých transformátorů.

Realizace druhého scénáře by byla možná bez úprav na vedení, ovšem za navýšení hodnot instalovaných výkonů jednotlivých transformátorů.

Požadavků na napěťové poměry uvedené v PPDS [66] vyhověly všechny simulované scénáře.

Tabulka 11.11 Porovnání navýšených instalovaných výkonů všech uvažovaných transformátorů

Název uzlu	Původní instalovaný výkon transformátoru (kVA)	Navrhovaný výkon transformátoru (kVA)		
		scénář 1	scénář 2	scénář 3
703871	1 000	-	-	1 000
703991	630	-	-	2x630
703619	800	-	800	-
703617	800	-	800	1 000
703200	400	-	400	2x400
8504	2x1 000	-	-	2x1 000
703871	1 000	1 000	-	-
702431	400	2x1 000	-	2x1 000
701268	400	1400	-	2x400
2793	630	2x630	-	2x630
2796	2x630	2x1 000	2x630	2x1 000
2787	250	630	630	2x630
2778	250	2x250	630	2x630
2797	2x1 000	2x1 000	-	2x1 000
703914	630	-	-	630
704565	630	-	-	630
2764	160	-	-	630
705350	160	-	-	400
2785	400	2x400	2x400	2x400
2718	2x630	-	2x630	-
705063	400	-	-	2x400
700406	2x630	-	-	2x630

Navýšené hodnoty instalovaných výkonů transformátorů

12. ZÁVĚR

Práce slouží k seznámení s problematikou elektromobility v širším měřítku. Čtenář je seznámen s přehledem vybraných nabíjecích stanic, bateriových elektromobilů a způsoby i technologiemi nabíjení.

V první kapitole bakalářské práce byl čtenář seznámen s režimy 1, 2 a 3 určených pro AC nabíjení a režimem 4 určeným k DC nabíjení. Následně byly uvedeny parametry rychlých nabíjecích stanic i pomalých. Byly zde uvedeny jejich nabíjecí výkony, účinnosti, rozměry a další. Ve třetí kapitole jsou zpracovány parametry vybraných bateriových vozidel jako jsou: kapacita baterie, dojezd elektromobilu a jejich výkon. Pro tyto elektromobily zde byly uvedeny časy nabíjení pro nabíjení 11 kW a pro rychlá nabíjení 150 kW a 350 kW. Jako další parametry byly uvedeny hodnoty odebrané energie při pomalém i rychlém nabíjení vybraných elektromobilů a následně cena za dobití baterie uvedená v příloze A (Příloha A -Tabulky cen nabíjení EV). Tato část dále obsahuje zpracování rozdílu mezi řízeným a neřízeným nabíjením na konkrétním příkladu obce ve Skotsku, kdy řízené nabíjení bylo výhodné pro distribuční síť obce. Toto tvrzení bylo podloženo grafy (Obrázek 4.3 a Obrázek 4.5).

V kapitole 4.7 je zpracována analýza chování řidičů při nabíjení. Bylo zjištěno, že nejvíce řidiči preferují domácí nabíjení, a to až v 84 % případů. Závěr vychází z předpokladu, že v současné době jsou uživatelé elektromobilů převážně vlastníci garážový objekt (mají možnost domácího nabíjení). Pouze jedno procento uživatelů preferovalo výhradně rychlonabíjecí stanice. Dále bylo zjištěno, že uživatelé většinou nenabíjí celou kapacitu baterie, ale pouze část. Nejčastěji je nabíjecí relace zahájena při 47,22 % a končí při 84,63 % stavu baterie. Při uvažování EV o kapacitě 50 kWh elektromobil spotřebuje energii 18,705 kWh. Ovšem při uvažování denního nájezdu 32 km (informace uvedená v NAP CM 2019) a uvažované spotřebě 185 W/km je energie denně potřebná na dobití 5,92 kWh. Pokud by platil rozsah nabíjecí relace uvedený výše, jednalo by se o nabíjení jednou za tři dny.

Následně byly vybrány projekty Evropské unie, které mají v nejbližší době podpořit, nebo již podporují, rozvoj elektromobility v Evropě. Je zde zpracován program Recharge EU a plány Evropské komise na snížení uhlíkové stopy. V tomto směru zde byla podrobněji rozebrána elektromobilová politika Norského království, jakožto lídra na poli s elektromobilitou, Spolkové republiky Německo a následně srovnání se současnou a plánovanou situací v České republice.

V kapitole 9 byla zhodnocena vybraná lokalita k rozvoji rychlonabíjecích stanic. Jedná se o ulici Řípská a blízké okolí v Brně-Slatina. Oblast byla zhodnocena na základě charakterů firem a již instalovaných nabíjecích stanic.

Na základě kapitol 1-9 byly v kapitole 10 sestaveny tři scénáře rozvoje elektromobility na ulici Řípská. Data s instalovanými výkony transformátorů, délky a typy kabelů a další parametry sítě byly zprostředkovány společností EG.D.

První scénář vychází z NAP CM 2019 a zahrnuje instalaci třiceti AC 11 kW, sedmi DC 50 kW, osmnácti 180 kW a dvou 350 kW nabíjecích stanic. Ze simulace sítě v programu Daisy Bizon projektant bylo zjištěno, že při uvažování maximálního dovoleného zatížení 66 % transformátoru, musí dojít k navýšení 6 ks transformátorů z celkových 9 transformátorů, které byly uvažovány v simulaci pro instalaci nabíjecích stanic (nejedná se o celkový počet transformátorů ve vybrané oblasti). Celkový instalovaný výkon transformátorů využitých k instalaci nabíjecích stanic musí být pro tento scénář navýšen z 6 590 kVA na 10 590 kVA. Simulací chodu sítě bylo zjištěno, že scénář vyhověl napěťovým poměrům PPDS 2020, ovšem nebylo dodrženo maximální zatížení vývodu z napájecí transformovny. Řešení tohoto problému je výměna kabelu o vyšší maximální proudové zatížitelnosti, nebo vyvedení paralelního vedení pro napájení sídliště Slatina (viz. kapitola 11.1).

Druhý scénář (kapitola 10.2) byl sestaven na základě dotazníků zaslaných na dovozce elektromobilů do České republiky, firmy ve vybrané lokalitě a na firmy mimo vybranou lokalitu. Tento scénář zahrnuje instalaci dvanácti nabíjecích stanic AC 11 kW, šesti AC 2x22 kW, šestnácti 50 kW a dvou 150 kW. Druhý scénář rozvoje zahrnuje rozšíření instalovaných výkonů 3 transformátorů z celkových 8, které byly uvažovány v simulaci pro instalaci nabíjecích stanic. Celkový instalovaný výkon všech transformátorů, na kterých jsou připojeny nabíjecí stanice, by musel být rozšířen z 5 420 kVA na 6 580 kVA. Při simulaci v programu Daisy Bizon projektant bylo ověřeno, že scénář vyhověl napěťovým i proudovým poměrům. (kapitola 11.2)

Třetí scénář (kapitola 10.3) je založen na metaanalýze dat získaných z bakalářských i diplomových (zadaných externími zadavateli, pro různé oblasti rozvoje) prací řešících, alespoň částečně, problematiku elektromobility. Jedná se o nejnáročnější scénář pro chod sítě, zahrnuje instalaci patnácti DC 50 kW nabíjecích stanic, čtyřiceti nabíjecích stanic 150 kW a dvou stanic 350 kW. Pro bezpečný chod sítě musí být rozšířeno 13 ks transformátorů z celkových 19, uvažovaných pro instalaci nabíjecích stanic, tak aby zatížení na transformátorech odpovídalo hodnotám nižším než 66 % instalovaného výkonu. Celkový instalovaný výkon všech uvažovaných transformátorů musí být navýšen z 13 660 kVA na 21 790 kVA. Simulací bylo zjištěno, že scénář vyhovuje požadavku na napěťové poměry dle PPDS 2020, ovšem zatížení na prvním vývodu za napájecím transformátorem je 91,37 %, tedy hodnota nevyhovující požadavkům provozovatele distribuční sítě. Problém zatížení lze vyřešit podobně jako u prvního scénáře. (kapitola 11.1)

Ze zmíněných analyzovaných scénářů by pro druhý scénář mělo platit, že disponuje největší pravděpodobností realizace, jelikož je sestaven na přímém dotazování firem. Ovšem právě dotazování firem je problémem druhého scénáře, jelikož nebyly poskytnuty data od všech firem ve vybrané oblasti a z tohoto důvodu se může tento scénář jevit s vyšší odchylkou. Dále při uvažování počtu pouze 36 nabíjecích stanic lze očekávat, že tento scénář nastane dříve než v roce 2030. Naopak scénář 3, který zahrnuje

instalaci 57 nabíjecích stanic, avšak všechny tyto stanice jsou DC. Při porovnání s druhým scénářem je u scénáře 3 pravděpodobné, že nastane až po roce 2030. Jako nejpravděpodobnější scénář, který by mohl být pro rok 2030 platný, vychází scénář 1 (scénář podle Národního akčního plánu čisté mobility 2019). Tento scénář zahrnuje instalaci kombinace DC i AC nabíjecích stanic

Spolu s rozvojem nabíjecí infrastruktury bude nutné zavedení opatření k budoucím navýšením zatížitelnosti distribučních sítí. Speciálně pro rychlonabíjecí stanice bude nutné ve většině případů rozšíření instalovaných výkonů transformátorů. Popřípadě přidání systémů pro snížení maximálních zatížení sítě jako: bateriové uložení a střešní fotovoltaické elektrárny. Z tohoto důvodu se rozvoj nabíjecí infrastruktury jeví finančně nákladný pro provozovatele rychlonabíjecích stanic i pro distributora elektrické energie. Zmíněné technologické i finanční otázky budou vždy specifické pro danou oblast (vesnice, město, předměstí,...).

Při uvažování operativního nabíjení, podle aktuálního zatížení sítě, by bylo možné snížit navýšení instalovaných výkonů transformátorů, popřípadě provozovat distribuční síť v současném stavu i při instalaci určitého počtu nabíjecích stanic. Tím by bylo dosaženo snížení finančních nákladů distributora elektrické energie a zvýšení využitelnosti sítě.

„Nezastavíme se, dokud nebude každé auto na silnici elektrické.“

Elon Musk

LITERATURA

- [1] Aktualizace Národního akčního plánu čisté mobility (NAP CM) 2019. *MDCR* [online]. Praha: MDCR, 2019 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: <https://www.mdcrcz/getattachment/Media/Media-a-tiskove-zpravy/Vlada-schvalila-aktualizovany-Narodni-akcni-plan-c/Aktualizace-NAP-CM.pdf.aspx>
- [2] Analysis of the effect of charging needs on battery electric vehicle drivers' route choice behaviour: *ScienceDirect* [online]. Amsterdam: Elsevier, 2020 [cit. 2021-4-7]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920919309757?via%3Dihub>
- [3] Analýza složení vozidlového parku. *Ministerstvo dopravy* [online]. Praha: Ministerstvo dopravy, 2020 [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: <https://www.mdcrcz/getattachment/Dokumenty/Strategie/Mobilita/2020-12-31-NAP-CM-Analyza-slozeni-vozidloveho-parku-CR.pdf.aspx>
- [4] Audi plánuje celoevropskou prémiovou síť rychlého nabíjení. *SPIEGEL* [online]. Hamburk: Simona Hage, 2020 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: <https://www.spiegel.de/consent-a-?targetUrl=https%3A%2F%2Fwww.spiegel.de%2Fauto%2Faudi-plant-europaweites-premium-schnellladenetz-fuer-elektroautos-a-ddd24e4d-7400-4f2e-9ff3-a9b37e57c0a9>
- [5] Autonomní vozidla a legislativa. *Právní prostor* [online]. Praha: Právní prostor, 2021 [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: <https://www.pravniprostor.cz/clanky/pravo-it/autonomni-vozidla-legislativa-spousta-otazek-zatim-malo-odpovedi>
- [6] Baterie Tesla Powerpacks umístěné na 60 nabíjecích stanicích Electrify America, další přicházejí. *Electrek* [online]. Fred Lambert, 2020 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: https://electrek.co/2020/09/17/tesla-batteries-60-electrify-america-charging-stations/?fbclid=IwAR09h2q017MaF1GyA_NUnzhr8SsBPNW5e-iHvI9txibtmcvuG0uL6RbJsc
- [7] Benzínové stanice připravené společnostmi Siemens a Aral pro mobilitu budoucnosti. *Siemens* [online]. Bochum: Siemens, 2021 [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: <https://press.siemens.com/global/en/pressrelease/siemens-and-aral-ready-gas-stations-mobility-future>
- [8] Berlín přijímá 90 elektrických autobusů Solaris. *Solaris* [online]. Bolechowo: GoldenSubmarine, 2020 [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: <https://www.solarisbus.com/en/press/berlin-receives-90-electric-solaris-buses-1437>
- [9] Budoucnost českého autoprůmyslu závisí na rozvoji elektromobility. Svaz průmyslu a dopravy ČR [online]. Praha: Jan Stuchlík, 2020 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: <https://www.spcr.cz/muze-vas-zajimat/z-clenske-zakladny/12660-budoucnost-ceskeho-autoprumsly-zavisi-na-rozvoji-elektromobility>
- [10] BYD dodává 246 eBusů do holandského Keolisu. *InsideEVs* [online]. Mark Kane, 2020 [cit. 2021-01-14]. Dostupné z: <https://insideevs.com/news/460255/byd-delivers-246-ebuses-keolis-netherlands/>

- [11] CCSCCombo2. *Wikipedia commons* [online]. San Francisco: Wikipedia commons, 2020 [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CCSCCombo2.svg>
- [12] Co je elektromobilita?. *E.ON Rádce* [online]. České Budějovice: E.ON [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/elektromobilita>
- [13] CPC150 – the 150 kW Compact Power Charger. *Siemens* [online]. Brno: Siemens, 2020 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:c9041d4a-79fe-4e80-8b2a-439fbea5946a/broschuere-sicharge-cpc150-print.pdf>
- [14] CPC50 – the 50 kW Compact Power Charger. *Siemens* [online]. Brno: Siemens, 2020 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:92905161-2a36-40b9-baa5-0edaff8c01ab/brozura-cpc50-final.pdf>
- [15] ČERPACÍ STANICE SHELL NABÍDNOU RYCHLONABÍJECÍ STANICE PRO ELEKTROMOBILY SPOLEČNOSTI ČEZ. *Skupina ČEZ* [online]. Praha: Skupina ČEZ, 2020 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/pro-media/tiskove-zpravy/cerpaci-stance-shell-nabidnou-rychlonabijeci-stance-pro-elektromobily-spolecnosti-cez-87966>
- [16] Daimler pracuje na rychlosti nabíjení elektrických nákladních vozidel „až 3 MW“. *Electrek* [online]. Fred Lambert, 2019 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: <https://electrek.co/2019/04/29/daimler-electric-truck-charging-3mw/>
- [17] DAŇOVÉ OTÁZKY ELEKTROMOBILITY. *Svaz průmyslu a dopravy ČR* [online]. Praha: Svaz průmyslu a dopravy ČR, 2020 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: https://www.spcr.cz/files/cz/media/SPCR_Danove%20otazky_elektromobility_2020.pdf
- [18] DOBÍJECÍ STANICE PRO ELEKTRICKÁ VOZIDLA. *Ministerstvo pro místní rozvoj ČR* [online]. Praha: Odbor stavebního řádu, 2020 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: https://www.mmr.cz/getattachment/9b086b12-129d-421d-ba4a-586bf0fdb309/Dobijeci-stance-elektromobilu_verze-rijen.pdf.aspx?lang=cs-CZ&ext=.pdf
- [19] DVOUNÁPRAVOVÝ 12 M BATERIOVÝ AUTOBUS ŠKODA PERUN HE. *ŠKODA ELECTRIC* [online]. Plzeň: ŠKODA ELECTRIC, 2018 [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: <https://www.skoda.cz/data/catalog/6/16/2717.pdf>
- [20] E-mobilita pro každého. *ABB* [online]. Praha: ABB, 2020 [cit. 2021-3-25]. Dostupné z: <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=2CHC420005B4601&LanguageCode=cs&DocumentPartId=&Action=Launch>
- [21] Elektromobilita v Německu. *BMW* [online]. Berlín: FEDERÁLNÍ MINISTERSTVO PRO EKONOMIKU A ENERGII, c2021 [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: <https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Dossier/elektromobilitaet.html>
- [22] Elektromobilität. *VDA* [online]. Berlín: VDA, 2020 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: <https://www.vda.de/de/themen/innovation-und-technik/elektromobilitaet/elektromobilitaet-in-deutschland.html>

- [23] Electric vehicle growing pains. *Fleetcarma* [online]. Kitchener: GEOTAB, 2020 [cit. 2021-4-7]. Dostupné z: <https://www.fleetcarma.com/resources/electric-vehicle-growing-pains/>
- [24] Electric Vehicle Infrastructure. *ABB* [online]. Praha: ABB, 2020 [cit. 2021-03-11]. Dostupné z: <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=4EVC700601-LFUS&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>
- [25] Electric Vehicle Database. *Ev-database* [online]. EVDB, 2021 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: <https://ev-database.org/#sort:path~type~order=.rank~number~desc|range-slider-range:prev~next=0~1200|range-slider-acceleration:prev~next=2~23|range-slider-topspeed:prev~next=110~450|range-slider-battery:prev~next=10~200|range-slider-eff:prev~next=100~300|range-slider-fastcharge:prev~next=0~1500|paging:currentPage=0|paging:number=9>
- [26] Elektrický nákladní vůz Tesla Semi bude mít dojezd až 621 mil. *Electrek* [online]. Fred Lambert, 2020 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: <https://electrek.co/2020/11/24/tesla-semi-electric-truck-621-miles-range-elon-musk/>
- [27] Energie pro vaše cesty. *ABB* [online]. Praha: ABB, 2020 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=2CHC420016B4601&LanguageCode=cs&DocumentPartId=&Action=Launch>
- [28] EUROPEAN PASSENGER CAR REGISTRATIONS: JANUARY–APRIL 2020. *ICCT* [online]. Wilmington: ICCT, 2020 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: <https://theicct.org/sites/default/files/publications/MarketMonitor-jun42020.pdf>
- [29] FILIP, Robin. *Chytré dobíjení EV a BESS pro zvýšení FV hostingové kapacity distribučních sítí* [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-05-25]. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav elektroenergetiky. Vedoucí práce Martin Paar.
- [30] Ford e-transit. *Užitkové vozy Ford* [online]. Dearborn: Ford Motor Company, c2021 [cit. 2021-5-25]. Dostupné z: <https://www.ford.cz/commercial-vehicles>
- [31] Gen 3 Wall Connector Manual. *Tesla* [online]. San Francisco: Tesla, 2020 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: https://www.tesla.com/sites/default/files/support/charging/Gen3_WallConnector_Installation_Manual.pdf
- [32] Global EV Outlook 2020. *IEA* [online]. Paříž: IEA, 2020 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2020>
- [33] Globální objemy BEV a PHEV pro rok 2020. *Ev-volumes.com* [online]. Trollhättan: Roland Irle, 2020 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: <https://www.ev-volumes.com/>
- [34] Google maps. *Google maps* [online]. Mountain View: Google, c2021 [cit. 2021-5-25]. Dostupné z: <https://www.google.com/maps/@49.1822585,16.6732272,16z>
- [35] Hyundai Motor Group vstupuje do projektu IONITY. *HYUNDAI MOTOR NEWS* [online]. Praha: HYUNDAI MOTOR, 2020 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: https://press.hyundai.cz/tiskove-zpravy/detail/27_2727-hyundai-motor-group-vstupuje-do-projektu-ionity-nejdulezitejsi-site-pro-rychle-nabijeni-elektromobilu-v-evrope

- [36] CHAdEMO konektor. *Wikipedia commons* [online]. San Francisco: Wikipedia commons, 2020 [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CHAdEMO_connector-front_PNr%C2%B00529a.jpg
- [37] CharIN High Power Commercial Vehicle Charging. *CharINEV* [online]. Berlín: CharIN, 2019 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: https://www.charinev.org/fileadmin/HPCCV/High_Power_Commercial_Vehicle_Charging_Requirements_v2.0.pdf
- [38] ID. BUZZ AD. *Volkswagen Užitkové vozy* [online]. Praha: Volkswagen Užitkové vozy, 2021 [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: <https://www.vw-uzitkove.cz/znacka-a-technologie/tiskove-zpravy/2635-volkswagen-uzitkove-vozy-a-argo-ai-spousteji-mezinarodni-zkusebni-provoz-autonomnich-vozidel-pr>
- [39] IEC 62196 Typ-2. *Wikipedia commons* [online]. San Francisco: Wikipedia commons, 2020 [cit. 2021-2-19]. Dostupné z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2015-12-23_Typ-2-Ladestecker.jpg
- [40] Inteligentní systém nabíjení ABB umožní elektromobilům vracet elektřinu zpět do sítě. *ABB* [online]. Praha: ABB, 2020 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: <https://new.abb.com/news/cs/detail/69302/inteligentni-system-nabijeni-abb-umozni-elektromobilum-vracet-elektrinu-zpet-do-site>
- [41] Introducing V3 Supercharging. *Tesla* [online]. San Francisco: Tesla, 2019 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: https://www.tesla.com/no_NO/blog/introducing-v3-supercharging?redirect=no
- [42] IONITY vybere Alfen, aby navázal místní síťová připojení pro jejich síť. *ALFEN* [online]. Almere: ALFEN, 2019 [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://alfen.com/en/news/ionity-selects-alfen-establish-local-grid-connections-their-fast-ev-charging-stations-network>
- [43] KOLAŘÍK, Robin. *Analýza energetických toků v obci do 3 000 obyvatel a vysokou úrovní penetrace střešních FV instalací*. Brno, 2021. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav elektroenergetiky. Vedoucí práce Martin Paar.
- [44] Kolik stojí kWh energie?. *E.ON Rádce* [online]. České Budějovice: E.ON [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/cena-kwh>
- [45] Ladestasjoner for elbiler. *Tiltak* [online]. Ydersbond: Erik Figenbaum, 2013 [cit. 2020-10-25]. Dostupné z: <https://www.tiltak.no/c-miljoeteknologi/c4-atferdspaa-virkning/c-4-6/>
- [46] Ladestasjoner. *Ladestasjoner* [online]. Fjordkraft [cit. 2020-10-25]. Dostupné z: <https://www.ladestasjoner.no/kart/>
- [47] Linka 144 v Mnichově plně elektrická. *EBUSCO* [online]. Deurne: EBUSCO, 2020 [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: <https://www.ebusco.com/line-144-in-munich-fully-electric-with-8-new-ebusco-buses/>
- [48] Low-emission vehicles – improving the EU’s refuelling/recharging infrastructure. *Evropská komise* [online]. Brusel: Evropská komise, 2020 [cit. 2021-01-12].

- Dostupné z: <https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12251-Revision-of-Alternative-Fuels-Infrastructure-Directive>
- [49] MAPA NABÍJECÍCH STANIC. *FDrive.cz* [online]. Praha: 24net s.r.o., 2021 [cit. 2021-03-11]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/mapa-nabijecich-stanic/>
- [50] Mapa Řípská v GIS. *ArcGIS online* [online]. Redlands: Ersi, c2021 [cit. 2021-5-25]. Dostupné z: <https://fekt.maps.arcgis.com/home/webmap/viewer.html>
- [51] Mezinárodní dodávka roku 2021: Nový PEUGEOT e-EXPERT. *Media Peugeot International* [online]. Paříž: Media Peugeot International, 2020 [cit. 2021-01-14]. Dostupné z: <https://int-media.peugeot.com/en/international-van-year-2021-new-peugeot-e-expert>
- [52] MĚSTSKÝ NÍZKOPODLAŽNÍ BATERIOVÝ AUTOBUS ŠKODA PERUN HP. *ŠKODA ELECTRIC* [online]. Plzeň: ŠKODA ELECTRIC, 2018 [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: <https://www.skoda.cz/data/catalog/6/15/2716.pdf>
- [53] Ministerstvo dopravy připravilo další výzvu OPD na podporu výstavby doplňkové sítě dobíjecích stanic. *MDCR* [online]. Praha: MDCR, 2020 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: [https://www.mdcr.cz/Media/Media-a-tiskove-zpravy/Ministerstvo-dopravy-pripravilo-dalsi-vyzvu-OP-\(1\)?returl=/Media/Media-a-tiskove-zpravy](https://www.mdcr.cz/Media/Media-a-tiskove-zpravy/Ministerstvo-dopravy-pripravilo-dalsi-vyzvu-OP-(1)?returl=/Media/Media-a-tiskove-zpravy)
- [54] Mission (almost) accomplished. *Transport and Environment* [online]. Brusel: European Federation for Transport and Environment AISBL, 2020 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/2020_10_TE_Car_CO2_report_final.pdf
- [55] Nabíjecí stanice PRE loni vydaly 210 MWh elektřiny, návštěvnost rostla dvojnásobně. *Hybrid.cz* [online]. Hybrid.cz, 2020 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/nabijeci-stanice-pre-vydaly-210-mwh-elektriny-navstevnost-rostla-dvojnaso-bne>
- [56] Nabíjení pomocí Volkswagen ID. 3. *FASTNED* [online]. Amsterdam: FASTNED support [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: <https://support.fastned.nl/hc/en-gb/articles/360013336618>
- [57] Nabíjecí porty Nissan Leaf. *Paultan.org* [online]. San Francisco: Gerard Lye, 2019 [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: <https://paultan.org/2019/04/02/driven-2019-nissan-leaf-second-generation-review/>
- [58] NAVRÁTIL, Stanislav. *Předpokládaná opatření v síti VN pro naplnění závěrů NAP SG v oblasti OZE a elektromobility* [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-05-25]. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav elektroenergetiky. Vedoucí práce: Ing. Michal Ptáček, Ph.D.
- [59] NAVZDORY ROKU KORONY: STOJANY ČEZ PRO DOBÍJENÍ E-AUT POPRVÉ PROLOMILY DVOUMILIONOVOU METU ODEBRANÉ BEZEMISNÍ ENERGIE *Skupina ČEZ* [online]. Praha: Martin Schreier, 2020 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/pro-media/tiskove->

- zpravy/navzdory-roku-korony-stojany-cez-pro-dobijeni-e-aut-poprve-prolomily-dvumilionovou-metu-odebrane-bezemisni-energie-rostly-o-53-procent-117045
- [60] Nejlepší průvodce pobídkami EV v Německu. *Wallbox w* [online]. wallbox w, c2021 [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: <https://blog.wallbox.com/en/the-ultimate-guide-to-ev-incentives-in-germany/>
- [61] Newyorský pilotní program e-školních autobusů pro vozidla od sítě je úspěšný. *Electrek* [online]. Michelle Lewis, 2020 [cit. 2021-01-14]. Dostupné z: <https://electrek.co/2020/12/14/new-york-vehicle-to-grid-school-bus-pilot-program-success/>
- [62] NÍZKOPODLAŽNÍ ELEKTROBUS ŠKODA 29BB. *ŠKODA ELECTRIC* [online]. Plzeň: ŠKODA ELECTRIC, 2018 [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: <https://www.skoda.cz/data/catalog/6/324/4439.pdf>
- [63] PĚT STUPŇŮ K AUTONOMNÍMU ŘÍZENÍ. *Škoda Storyboard* [online]. Mladá Boleslav: ŠKODA AUTO, 2018 [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: https://www.skoda-storyboard.com/cs/inovace-a-technologie/pet-stupnu-k-autonomnimu-rizeni/?_post_list_type=videos
- [64] Plugged In: How Americans Charge Their Electric Vehicles. *Idaho National Laboratory* [online]. Idaho: Idaho National Laboratory, 2015 [cit. 2021-01-13]. Dostupné z: <https://avt.inl.gov/sites/default/files/pdf/arra/PluggedInSummaryReport.pdf>
- [65] PLZEŇ SE MŮŽE TĚŠIT NA NOVÉ BATERIOVÉ TROLEJBUSY ŠKODA. *ŠKODA Transportation* [online]. Plzeň: ŠKODA Transportation, 2021 [cit. 2021-5-28]. Dostupné z: <https://www.skoda.cz/plzen-se-muze-tesit-na-nove-bateriove-trolejbusy-skoda/>
- [66] PRAVIDLA PROVOZOVÁNÍ DISTRIBUČNÍCH SOUSTAV *Provozovatelé distribučních soustav* [online]. Praha: Provozovatelé distribučních soustav 2020 [cit. 2021-5-25]. https://www.egd.cz/sites/default/files/2021-01/Priloha_7_Pravidla_pro_poskytovani_nefrekvencnich_a_bilancnich_PpS_01_2021.pdf
- [67] PRE chystá velkou expanzi sítě nabíjecích stanic po celém Česku. *Hybrid.cz* [online]. Jan Horčík, 2020 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: http://www.hybrid.cz/pre-chysta-velkou-expanzi-site-nabijecich-stanic-po-celem-cesku?fbclid=IwAR09h2q017MaF1GyA_NUnzhr8SsBPNW5e-iHv19txibtmcv uG0uL6RbJsc
- [68] PRE vybuduje nabíjecí stanice na 44 čerpacích stanicích OMV. *Hybrid.cz* [online]. Hybrid.cz, 2020 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: http://www.hybrid.cz/pre-vybuduje-nabijeci-stanice-na-44-cerpacich-stanicich-omv?fbclid=IwAR2nrMIRy o_Yw519JrMIKzCUTelaKvMTEsukBBKviUFupzGRbfJRhSBP0XY
- [69] Predikce vývoje elektromobility v ČR. Ministerstvo průmyslu a obchodu [online]. Praha: EUROENERGY, 2018 [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/strategicke-a-koncepcni-dokumenty/narodni-akcni-plan-pro-chytre-site/2019/10/Studie-NAP-SG-A25_Elektromobilita.pdf

- [70] Portland a Daimler se spojili s elektrickým poloveřejným nabíjením „Island“ o výkonu 5 MW. *Electrek* [online]. Michelle Lewis, 2020 [cit. 2021-01-14]. Dostupné z: <https://electrek.co/2020/12/01/heavy-duty-electric-trucks-public-charging-site-daimler-portland/>
- [71] Průmysl a doprava. *IRENA* [online]. Abu Dhabi: IRENA, c2011-2020 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: <https://www.irena.org/industrytransport>
- [72] První nabíjecí místo určené pro velké nákladní automobily. *AutoJosh* [online]. AutoJosh, 2021 [cit. 2021-5-28]. Dostupné z: <https://autojosh.com/daimler-unveil-electric-island-the-first-charging-site-designed-for-big-trucks/>
- [73] První přeplňovací stanice V3 společnosti Tesla jsou přístupné veřejnosti. *Engadget* [online]. Roberto Baldwin, 2019 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: https://www.engadget.com/2019-06-07-tesla-v3-supercharging-stations-public.html?guce_referrer=aHR0cHM6Ly90LmNvLW&guce_referrer_sig=AQAAAJDRLpe5DsKmems4Wk7eVfOdOAaTNIvg_kHKNQM-Cm-sPshuiegFC5SRMz4iSiBkValJ-q0sLqbQQxPwh2FXE3HiGst1oi4YD5sUbyyBguSsjerlGS03gYBVvm6qT7coA99MFd-M8IvwD198fGEbTzxJVZ6NVV0svDGWmmeflIXgA
- [74] První rychlodobíjecí stanice PRE v rámci dotačního programu skutečností. *PRE* [online]. Praha: Pražská energetika, 2020 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: <https://www.pre.cz/cs/profil-spolecnosti/media/tiskove-zpravy/prvni-rychlo-dobijeci-stanice-pre-v-ramci-dotacniho-programu-skutecnosti/>
- [75] Rámcové podmínky. *BMW* [online]. Berlín: FEDERÁLNÍ MINISTERSTVO PRO EKONOMIKU A ENERGII, c2021 [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: <https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Artikel/Industrie/rahmenbedingungen-und-anreize-fuer-elektrofahrzeuge.html>
- [76] Recharge EU. *Transport and Environment* [online]. Brusel: European Federation for Transport and Environment AISBL, 2020 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: <https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/01%202020%20Draft%20TE%20Infrastructure%20Report%20Final.pdf>
- [77] Recharge EU trucks: time to act!. *Transport and Environment* [online]. Brusel: European Federation for Transport and Environment AISBL, 2020 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/2020_02_RechargeEU_trucks_paper.pdf
- [78] Režimy nabíjení. *PHOENIX CONTACT* [online]. Brno: PHOENIX CONTACT, 2020 [cit. 2021-2-19]. Dostupné z: https://www.phoenixcontact.com/online/portal/cz?1dmy&urile=wcm%3apath%3a/czcs/web/main/solutions/subcategory_pages/E_Mobility_charging_methods_charging_modes/a2fad0f3-f69e-442d-af9a-2f81eab201ea
- [79] Rozvoj dopravní infrastruktury do roku 2050. *MDCR* [online]. Praha: Ministerstvo dopravy, 2020 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: <https://www.mdcz.cz/Dokumenty/Strategie/Rozvoj-dopravni-infrastruktury-do-roku-2050>

- [80] Rychlodobíjecí stanice PRE v Holešovicích. In: *IDNES.cz* [online]. Praha: iDNES.cz, 2020 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: https://sdeleni.idnes.cz/foto/HRA804f19_PRE_01_2020Prvnrychlodobjeky1.jpg
- [81] Řízení chytrější budoucnosti. *IRENA* [online]. Abu Dhabi: IRENA, 2019 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: <https://www.irena.org/newsroom/articles/2019/May/Driving-a-Smarter-Future>
- [82] Scania testuje samojízdné nákladní automobily v dálničním provozu. *Scania* [online]. Södertälje: Scania, 2021 [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: <https://www.scania.com/group/en/home/newsroom/press-releases/press-release-detail-page.html/3880923-scania-tests-self-driving-trucks-in-motorway-traffic>
- [83] Siemens dodá 60 vysoce výkonných dobíjecích stanic pro páteří síť společnosti E.ON. *Siemens* [online]. Brno: Siemens, 2020 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: <https://www.siemens.cz/press/siemens-doda-60-vysoce-vykonnych-dobijecich-panic-pro-paterni-sit-spolecnosti-e-on>
- [84] Společnost Volvo nasadila několik nových prototypů elektrických těžebních vozidel. *Electrek* [online]. New York: Fred Lambert, 2018 [cit. 2021-5-25]. Dostupné z: <https://electrek.co/2018/08/30/volvo-new-electric-mining-vehicle-prototypes/>
- [85] Stanford engineering. *How we might recharge an electric car as it drives* [online]. Stanford: Edmund L. Andrews, 2020 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: <https://engineering.stanford.edu/magazine/article/how-we-might-recharge-electric-car-it-drives>
- [86] Statistikk fra NOBIL. *NOBIL* [online]. NOBIL, 2013 [cit. 2020-10-25]. Dostupné z: <https://info.nobil.no/index.php/nyheter/89>
- [87] Socket TYPE-2. *Wikipedia commons* [online]. San Francisco: Wikipedia commons, 2020 [cit. 2021-2-19]. Dostupné z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Socket_Type-2.svg
- [88] SuperchargerSuperguide. *TeslaTap* [online]. TeslaTap, 2020 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: <https://teslatap.com/articles/supercharger-superguide/>
- [89] Tento sklápěč je největším elektrickým vozidlem na světě. *Electrek* [online]. New York: Fred Lambert, 2017 [cit. 2021-5-25]. Dostupné z: <https://electrek.co/2017/09/17/electric-dumper-truck-worlds-largest-ev-battery-pack/>
- [90] Tesla (TSLA) dostává masivní novou objednávku elektrických nákladních vozidel Tesla Semi. *Electrek* [online]. Fred Lambert, 2020 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: <https://electrek.co/2020/11/05/tesla-tsla-order-tesla-semi-electric-trucks-biggest-yet/>
- [91] Tesla testuje časově omezené slevy Supercharger, aby vyrovnala drahé poplatky za špičkovou poptávku. *Electrek* [online]. Fred Lambert, 2020 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: https://electrek.co/2020/10/29/tesla-tests-supercharger-limited-time-discounts-peak-demand-charges/?fbclid=IwAR3clwlnHMGV2vRN1HLuSsZ31-pvp4gGDd0ljSbOe4c7guu-dvzrh_h0wZA

- [92] Ultrarychlá služba nabíjení EV. *ALFEN* [online]. Almere: ALFEN, 2020 [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://alfen.com/en/news/shell-ultrafast-ev-charging-service-incorporate-alfen-energy-storage>
- [93] Uncontrolled & Controlled Charging. *Integrace elektromobilů se stávajícími distribuovanými zdroji energie v Findhorn Ecovillage* [online]. Glasgow: University of Strathclyde, 2019 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: http://www.esru.strath.ac.uk/EandE/Web_sites/17-18/findhornev/uncontrolled-controlled-charging.html
- [94] Uživatelský manuál Terra AC. *ABB* [online]. Praha: ABB, 2020 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK107680A8809&LanguageCode=cs&DocumentPartId=&Action=Launch>
- [95] VE VESTCI OTESTUJE ČEZ VYUŽITÍ AKUMULACE A FOTOVOLTAIKY PŘI DOBÍJENÍ ELEKTROMOBILŮ. *SKUPINA ČEZ* [online]. Praha: SKUPINA ČEZ, 2019 [cit. 2021-5-28]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/pro-media/tiskove-zpravy/cez-ve-vestci-otestuje-vyuziti-akumulace-a-fotovoltaiiky-pri-dobijeni-elektromobilu.-system-umi-dobit-7-e-aut-bez-sitove-elektřiny-68075>
- [96] VNR Electric. *Volvo Trucks USA* [online]. Göteborg: Volvo Trucks USA, 2020 [cit. 2021-01-14]. Dostupné z: <https://www.volvotrucks.us/trucks/vnr-electric>
- [97] VOJTĚCH, J. *Návrh opatření v síti NN pro implementaci obnovitelných zdrojů a elektromobility dle scénářů NAP SG*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav elektroenergetiky, 2021. 58 s., 16 s. příloh. Bakalářská práce. Vedoucí práce: Ing. Michal Ptáček, Ph.D.
- [98] Voltdrive. *Voltdrive* [online]. Praha: Voltdrive [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: <https://voltdrive.com/nabijeci-stance-a-komponenty/domaci-nabijeci-stance/>
- [99] Volvo zahajuje dodávky svých elektrických stavebních strojů. *Electrek* [online]. New York: Fred Lambert, 2020 [cit. 2021-5-25]. Dostupné z: <https://electrek.co/2020/12/17/volvo-begins-deliveries-electric-construction-machinery/>
- [100] Výhody elektronických dálničních známek. *Elektronická dálniční známka* [online]. Praha: edalnice, 2020 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: <https://edalnice.cz/vyhody/index.html>
- [101] Vše, co potřebujete vědět o Tesla Supercharger V3. *NAF* [online]. Oslo: Norská automobilová asociace, 2020 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: <https://www.naf.no/elbil/lading/alt-du-ma-vite-om-tesla-supercharger-v3/>
- [102] Vše o nabíječkách elektromobilů s Ing. Jakubem Kottlem (E.ON). *Youtube* [online]. Vystrkov: Electro dad, 2019 [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=4S4xF5aXqbo&t=603s>
- [103] WoodMac: 54 000 elektrických nákladních vozidel na amerických silnicích do roku 2025. *Greentechmedia* [online]. Boston: Kelly McCoy, 2020 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: <https://www.greentechmedia.com/articles/read/woodmac-the-us-will-have-54000-electric-trucks-by-2025>

- [104] ZE ŠKODY TRANSPORTATION DO PRAHY ZAMÍŘÍ NOVÉ ELEKTROBUSY. *ŠKODA Transportation* [online]. Plzeň: ŠKODA Transportation, 2021 [cit. 2021-5-28]. Dostupné z: <https://www.skoda.cz/do-prahy-zamiri-nove-elektrobusy-ze-skody-transportation/>
- [105] Zmíněné informace poskytl Tomáš Kolacia. *EG.D, a.s. Brno*, 2021. [cit. 2021-05-21].
- [106] Znovuobjevení automobilu. *Deloitte* [online]. Praha: Deloitte, 2019 [cit. 2021-5-29]. Dostupné z: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/cz/Documents/deloitte-analytics/Automobilovy-prumysl-znovuobjeveni-automobilu.pdf>
- [107] ZOOX. *Amazon* [online]. Seattle: Amazon, 2020 [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: <https://www.aboutamazon.com/news/innovation-at-amazon/amazon-subsiidiary-zoox-reveals-first-look-at-autonomous-robotaxi>
- [108] 22–AXEKVCEY. *Prakab* [online]. Praha: Prakab [cit. 2021-3-11]. Dostupné z: https://www.prakab.cz/upload/22_AXEKVCEY.pdf

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratky:

AC	střídavé
BDEW	Bundesverbandes der Energie- und Wasserwirtschaft
BEV	bateriové elektrické vozidlo
CCS	combined charging standard
CPC	Compact power charger
CO ₂	oxid uhličitý
DC	stejnoseměrné
EU	Evropská unie
EV	elektrické vozidlo
GCVR	celková kombinovaná hmotnost vozidla
GVWR	celková hmotnost vozidla
LUV	lehká užitková vozidla
MDČR	Ministerstvo dopravy České republiky
MOO	maloodběratel (elektriny) typu domácnost
NAF	Norges Automobil-Forbund
NAP CM	Národní akční plán čisté mobility
NDP	Národního dopravního plánu
OM	odběrné místo
OPD	Operační program Doprava
PHEV	plug-in hybridní elektrické vozidlo
PPDS	Pravidla provozování distribučních soustav
V2G	vehicle to grid = „z vozidla do sítě“

Symboly:

I_n	proud za napájecím transformátorem	[A]
I_{max}	maximální proudová zatížitelnost kabelu	[A]
i_r	relativní proud	[A]

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA A - TABULKY CEN NABÍJENÍ EV	100
PŘÍLOHA B - SCHÉMA ZAPOJENÍ PRVNÍHO SCÉNÁŘE V PROGRAMU DAISY BIZON..	103
PŘÍLOHA C - ŘEŠENÍ PROUDOVÉHO PŘETÍŽENÍ PRVNÍHO VÝVODU V PROGRAMU DAISY BIZON	104
PŘÍLOHA D - VZOR DOTAZNÍKU ZASLANÉHO NA PRODEJCE ELEKTROMOBILŮ V ČESKÉ REPUBLICĚ.....	105
PŘÍLOHA E - VZOR DOTAZNÍKU ZASLANÉHO NA FIRMY V OBLASTI ULICE ŘÍPSKÁ	106

Příloha A - Tabulky cen nabíjení EV

A.1 Přehled cen dobíjení pro vybrané osobní BEV u nabíjecích stanic E.ON [11]

Název BEV	Odebraná energie za 1 minutu při DC 150 kW (kW/min)	Odebraná energie za 1 minutu při DC 350 kW (kW/min)	Nabíjení pro registrované zákazníky ^{3 42}	Nabíjení pro neregistrované zákazníky ^{3 43}
Porsche Taycan 4S Plus	113,81	176,40	352,80 Kč	646,80 Kč
Hyundai Kona Electric 64 kWh	61,09	61,09	268,80 Kč	492,80 Kč
Volkswagen ID.3 Pro S	89,83	-	323,40 Kč	592,90 Kč
Lightyear One	57,27	57,27	252,00 Kč	462,00 Kč
BMW i4	115,86	-	336,00 Kč	616,00 Kč
Ford Mustang Mach-E ER RWD	85,95	-	369,60 Kč	677,60 Kč

A.2 Přehled cen dobíjení pro vybrané osobní BEV u nabíjecích stanic E.ON při reálném nabíjení (vypočtené)

Název	Odebraná energie za 1 minutu při DC 150 kW ⁴⁴ (kW/min)	Nabíjení pro registrované zákazníky	Nabíjení pro neregistrované zákazníky
Porsche Taycan 4S Plus	121,07	375,32 Kč	688,09 Kč
Hyundai Kona Electric 64 kWh	64,99	285,96 Kč	524,26 Kč
Volkswagen ID.3 Pro S	95,57	344,04 Kč	630,74 Kč
Lightyear One	60,93	268,09 Kč	491,49 Kč
BMW i4	123,26	357,45 Kč	655,32 Kč
Ford Mustang Mach-E ER RWD	91,44	393,19 Kč	720,85 Kč

⁴² Jedná se o sazbu 6 Kč za kWh odebrané energie.

⁴³ Jedná se o sazbu 11 Kč za kWh odebrané energie.

⁴⁴ Jedná se o nabíjení z 10 % kapacity baterie na 80 %, při reálném dobíjení (účinnost nabíjecí stanice CPC 150 = 94 %).

A.3 Přehled cen dobíjení pro vybrané osobní BEV u nabíjecích stanic Tesla [11]

Název	Odebraná energie za 1 minutu při přepřňování ze Superchargeru V2 (kW/min)	Odebraná energie za 1 minutu při přepřňování ze Superchargeru V3 (kW/min)	Nabíjení na stanicích Tesla v ČR ⁶
Tesla Model S Long Range Plus	99,75	117,35	525,35 Kč
Tesla Model X Long Range Plus	99,75	117,35	525,35 Kč
Tesla Model S	99,75	117,35	525,35 Kč
Tesla Model 3 Long Range Dual Motor	81,67	86,47	387,10 Kč
Tesla Cybertruck Tri Motor	123,53	190,91	1 106,00 Kč
Tesla Roadster	123,53	190,91	1 106,00 Kč

A.4 Přehled cen dobíjení pro vybrané osobní BEV u nabíjecích stanic Tesla při reálném nabíjení (vypočtené)

Název	Odebraná energie za 1 minutu při přepřňování ze Superchargeru V2 ⁴⁵ (kW/min)	Nabíjení na stanicích Tesla v ČR
Tesla Model S Long Range Plus	108,42	571,03 Kč
Tesla Model X Long Range Plus	108,42	571,03 Kč
Tesla Model S	108,42	571,03 Kč
Tesla Model 3 Long Range Dual Motor	88,77	420,76 Kč
Tesla Cybertruck Tri Motor	134,27	1 202,17 Kč
Tesla Roadster	134,27	1 202,17 Kč

⁴⁵ Jedná se o nabíjení z 10 % kapacity baterie na 80 %, při reálném dobíjení (účinnost nabíjecí stanice Supercharger V2 = 92 %).

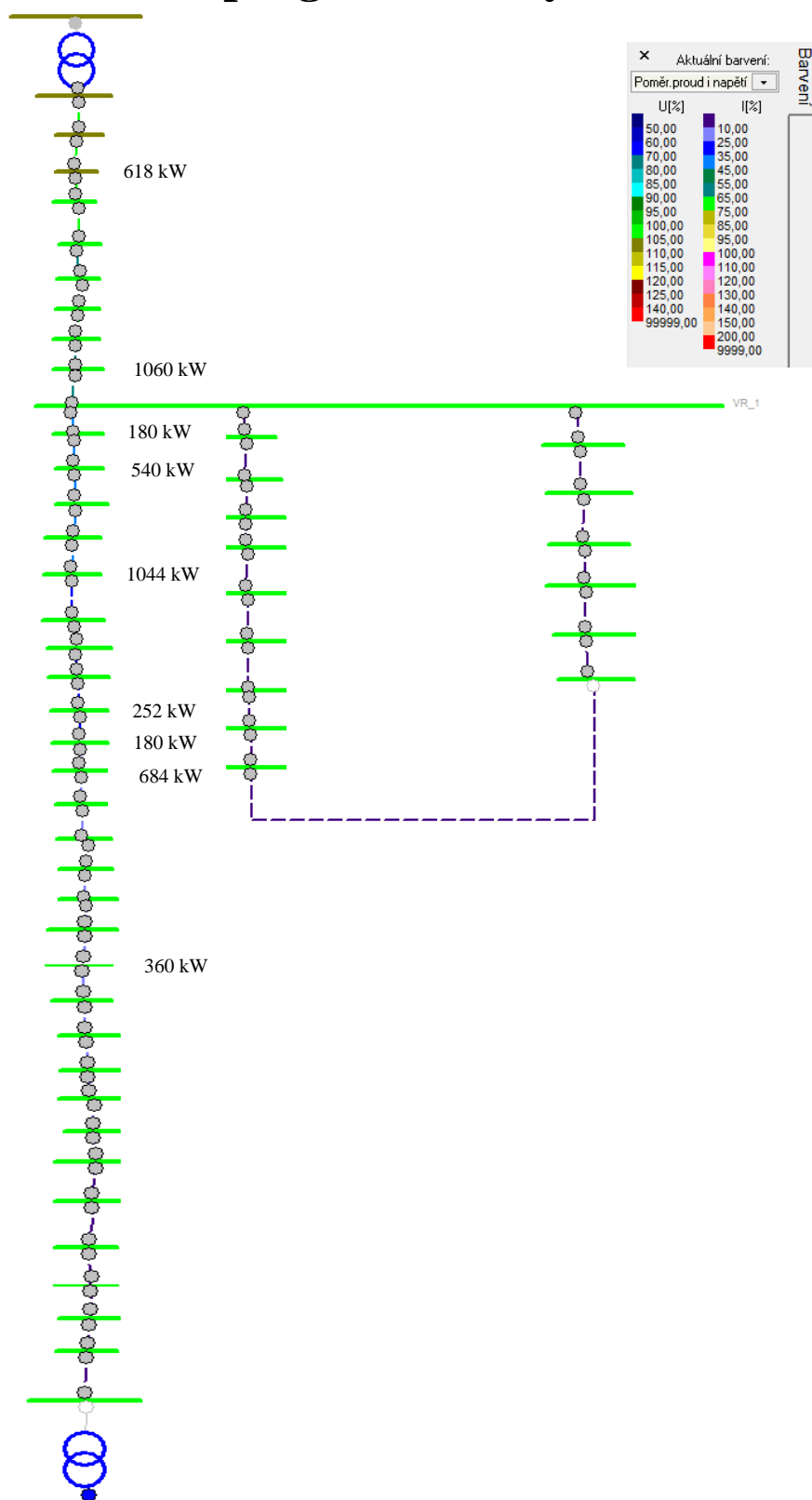
A.5 Přehled cen dobíjení pro vybrané lehké dodávky u nabíjecích stanic E.ON

Název	Odebraná energie za 1 minutu při DC 150 kW (kW/min)	Nabíjení pro registrované zákazníky ^{3 46}	Nabíjení pro neregistrované zákazníky ^{3 47}
Mercedes EQV 300 Long	80,43	378,00 Kč	693,00 Kč
Opel Zafira-e Life L 75 kWh	71,40	285,60 Kč	523,60 Kč
Peugeot e-Traveler Long 50 kWh	70,00	189,00 Kč	346,50 Kč
Citroen e-SpaceTourer M 75 kWh	71,40	285,60 Kč	523,60 Kč

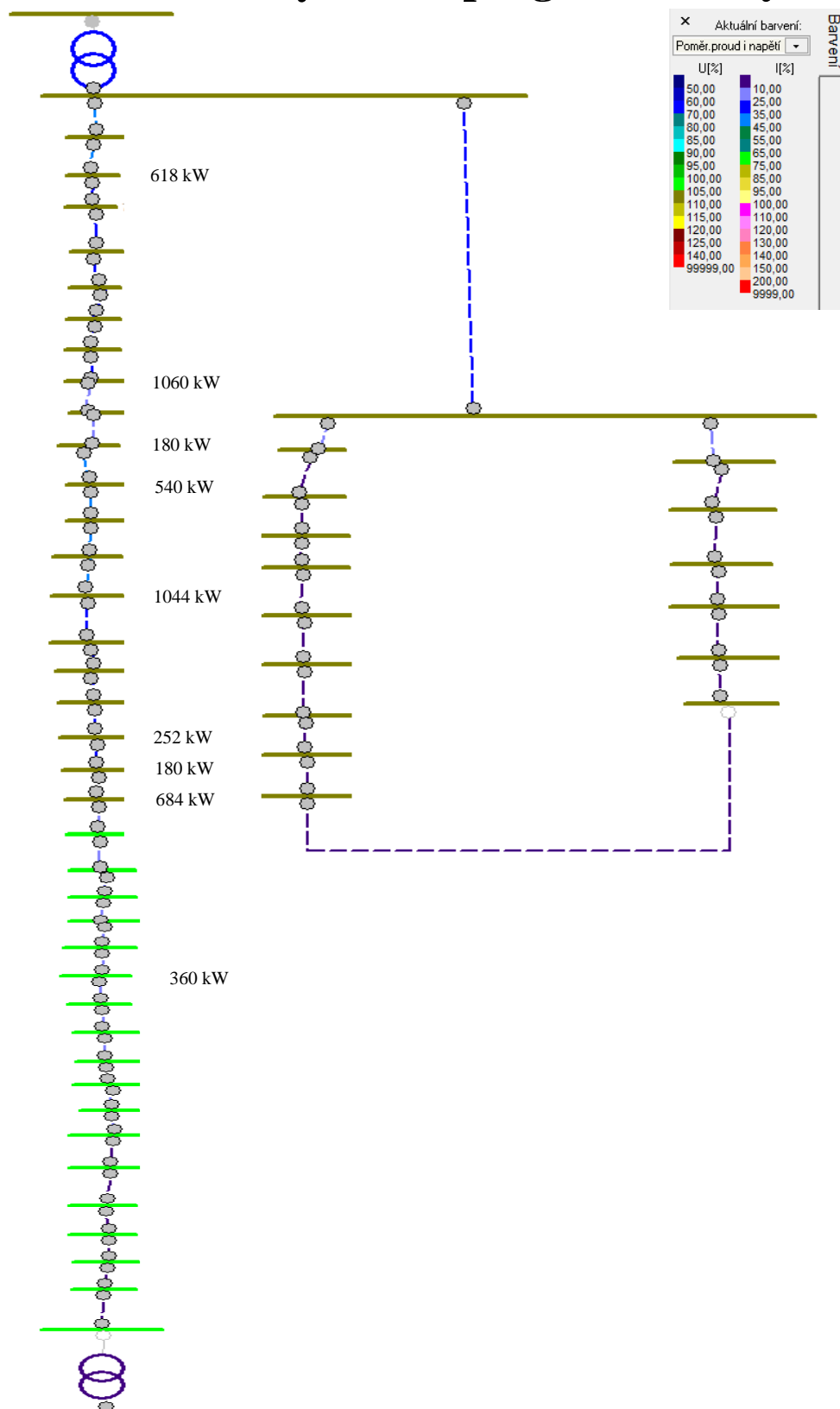
⁴⁶ Jedná se o sazbu 6 Kč za kWh odebrané energie.

⁴⁷ Jedná se o sazbu 11 Kč za kWh odebrané energie.

Příloha B - Schéma zapojení prvního scénáře v programu Daisy Bizon



Příloha C - Řešení proudového přetížení prvního vývodu v programu Daisy Bizon



Příloha D - Vzor dotazníku zaslaného na prodejce elektromobilů v České republice

Dotazník zaměřený na rozvoj nabíjecích stanic v České republice

Tento formulář slouží k jako podklad pro bakalářskou práci, nejedná se o studii.
Data budou následně anonymizována a poskytnuta EG.D.
Bakalářská práce je prováděna bez náhledu do současného stavu žádostí o připojení.

Název společnosti:

Jaké typy nabíjení budou podporovat Vámi dovážené elektromobily do České republiky?

Jednofázové nabíjení ☐

Dvoufázové nabíjení ☐

Třífázové nabíjení ☐

Jakými DC výkony budou schopny nabíjet Vámi dovážené elektromobily do České republiky?

☐ DC do 150 kW včetně

☐ DC nad 150 kW

Jaké budou maximální výkony palubních nabíječek Vámi dovážených elektromobilů do České republiky?

7,3 kW (1 fáze, 32 A) ☐

11 kW (3 fáze, 16 A) ☐

17 kW (3 fáze, 25 A) ☐

22 kW (3 fáze, 32 A) ☐

Jiné

Jaké typy bateriových elektrických vozidel bude Vaše společnost do České republiky dodávat?

☐ nákladní vozidla

☐ osobní elektromobily

☐ elektrické autobusy

☐ lehké nákladní vozidla

Příloha E - Vzor dotazníku zaslaného na firmy v oblasti ulice Řípská

Dotazník zaměřený na rozvoj nabíjecích stanic na ulici Řípská v Brně

Tento formulář slouží jako podklad pro bakalářskou práci, nejedná se o studii.
Data budou následně anonymizována a poskytnuta EG.D.
Bakalářská práce je prováděna bez náhledu do současného stavu žádosti o připojení.

Název společnosti:

Má Vaše společnost vizi začlenění elektromobilové flotily?

Má již Vaše společnost zkušenosti s elektromobilitou?

Uvažuje Vaše společnost o budoucím umístění nabíjecí stanice/stanic v areálu Vaší společnosti v Brně?

Začlenění kolika elektromobilů Vaše vize zahrnuje?

Měla by Vaše společnost při začlenění Vaší vize pro nabíjecí stanice využití?

Jaké nabíjecí stanice Vaše vize obsahuje? (Lze vybrat více odpovědí.)

Pilotní program ***

Běžné užití

☐ AC* nabíjecí stanice do 11 kW včetně

☐ AC nabíjecí stanice do 11 kW včetně

☐ AC nabíjecí stanice do 22 kW včetně

☐ AC nabíjecí stanice do 22 kW včetně

☐ DC** dobíjecí stanice do 50 kW včetně

☐ DC dobíjecí stanice do 50 kW včetně

☐ DC nabíjecí stanice do 150 kW včetně

☐ DC nabíjecí stanice do 150 kW včetně

☐ DC nabíjecí stanice nad 150 kW

☐ DC nabíjecí stanice nad 150 kW

Byly by tyto stanice veřejné či soukromé?

Jiné:

* Jedná se o nabíjecí stanici, která nabíjí elektromobil střídavým proudem, obvykle nižšími nabíjecími výkony.

** Jedná se o nabíjecí stanici, která nabíjí stejnosměrným proudem a umožňuje nabíjení vyššími výkony.

*** Na základě přechozího dotazování, tak u firem bez zkušeností s elektromobilitou obvykle uvažují pouze v rozsahu pilotního projektu a nemají zatím vizi pro běžné užití.